بنام خدا

دستور کار

آزمایشگاه

تحلیل مدارهای الکترونیکی

تهیه کننده : **علی محمدپور**

با همکاری دانشجو **جاوید عرفی**

فهرست

تغذیه DC ترانزیستور BJT	8...1
تغذیه DC ترانزیستور FET	16...9
تقویت کننده های BJT	29...17
تقویت کننده های FET	37...30
تقویت کننده های قدرت	57...38
منابع تغذیه	92...58
فیدبک	103...93

اساتید و دانشجویان محترم با سلام و آرزوی توفیق دستور کاری را که مشاهده می فرمایید اولین دوره ای است که اجرا می گردد . ممکن است اشتباهاتی در آن مشاهده گردد . خواهشمند است جهت اصلاح آن اینجانب را یاری نموده و نظرات و پیشنهادات خودرا به آدرس دانشکده میرزاکوچک صومعه سرا ارسال فرمایید تا در اصلاح این جزوه اینجانب را یاری فرمایید . با تشکر

✦ تغذیه یا بایاسینگ ترانزیستورهای دو قطبی (BJT):

برای آن که یک ترانزیستور درست عمل کند و در سیگنال ورودی اعوجاج به وجود نیاورد باید به طور صحیح تغذیه شود . تغذیه ناکافی و تغذیه بیش از حد ممکن است در سیگنال خروجی اعوجاج به وجود آورد.

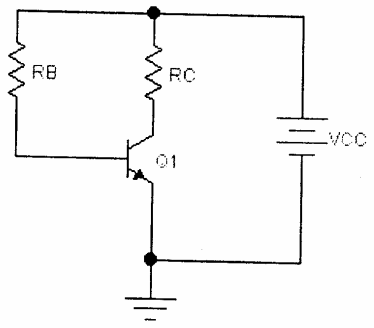
✦ انواع تغذیه یا بایاسینگ ترانزیستورهای BJT:

بایاسینگ به سه روش صورت می گیرد:

۱) بایاس ثابت
۲) بایاس اتوماتیک
۳) بایاس سرخود

✦ ۱: بایاس ثابت

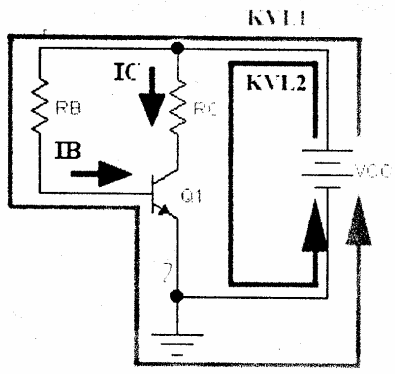
شکل (۱-۱) بایاس ثابت را نشان می دهد



شکل (۱-۱)

www.Ir-Micro.com
وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

شکل (۱-۲) مسیر KVL ورودی و خروجی را نشان می دهد.



شکل (۱-۲)

برای محاسبه نقطه کار از معادلات ورودی و خروجی استفاده می کنیم.

KVL1 :

$$-VCC + RB \times IB + VBE = 0 \Rightarrow$$

$$IB = \frac{VCC - VBE}{RB}$$

معادله ۱-۱

$$IC = \beta \times IB$$

معادله ۱-۲

KVL2 :

$$-VCC + RC \times IC + VCE = 0 \Rightarrow$$

$$VCE = VCC - RC \times IC$$

معادله ۱-۳

در این تغذیه VCC و VBE ثابت می باشند و تنها عامل تعیین کننده جریان بیس مقدار مقاومت RB است.

↓ عیب بایاس ثابت :

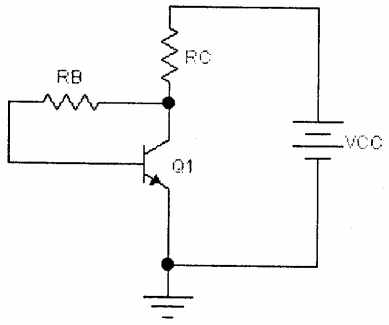
جریان کلکتور به β و حرارت وابسته است و با تغییر جریان کلکتور تغییر می کند.

www.Ir-Micro.com وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

۲: بایاس اتوماتیک [کلکتور _ بیس]

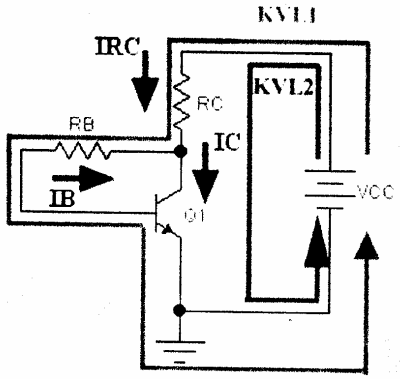
در بایاس ثابت چون نقطه کار به حرارت ترانزیستور وابسته است و با تغییر حرارت نقطه کار جا به جا می شود. لذا برای آن که مدار را به گونه ای اصلاح کنیم که در برابر تغییرات حرارت از ثبات بیشتری برخوردار باشد به جای آن از بایاس اتوماتیک استفاده می کنیم.

شکل (۱-۳) بایاس اتوماتیک را نشان می دهد.



شکل (۱-۳)

شکل (۱-۴) مسیر KVL ورودی و خروجی را نشان می دهد.



شکل (۱-۴)

www.Ir-Micro.com
وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

برای محاسبه نقطه کار **از دو** معادله ورودی و خروجی **استفاده می کنیم.**

KVL1 :

$$-VCC+(IB+IC)\times RC+IB\times RB+VBE=0\Rightarrow$$

$$-VCC+IB(1+\beta)\times RC+IBRB+VBE=0\Rightarrow$$

$$IB=\frac{VCC-VBE}{(1+\beta)\times RC+RB}$$

معادله ۱-۴

$$IC=\beta\times IB$$

معادله ۱-۵

KVL2 :

$$-VCC+(IB+IC)\times RC+VCE=0\Rightarrow$$

$$VCE=VCC-IB\times(1+\beta)\times RC$$

معادله ۱-۶

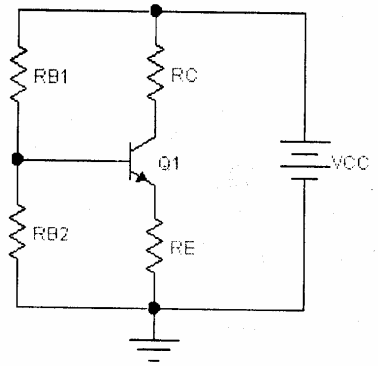
عیب بایاس اتوماتیک :

اشکال این بایاس وابسته **بودن** IB **بر** VCE **است هر گونه** تغییرات جزیی VCE **اثر نامطلوبی بر** عملکرد مدار **می گذارد برای رفع عیب مذکور از بایاس سرخود استفاده می شود.**

www.Ir-Micro.com وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

۳: بایاس سرخود [مستقل از β]

در این بایاسینگ نقطه کار کاملا از β و حرارت مستقل بوده و ثبات بهتری نسبت به دو تغذیه قبلی دارد.
شکل (۱-۵) بایاس سرخود را نشان می دهد.



شکل (۱-۵)

در بایاس سرخود دو روش برای بدست آوردن نقطه کار وجود دارد:

۱) روش تقریبی
۲) روش دقیق

۱: روش تقریبی

هر گاه $\beta Ri >> RB2$ باشد می توان طبقه ورودی را بی اثر دانست و نقطه کار را از طریق تقریب زیر بدست آورد.
شکل (۱- ۶) مسیر KVL ورودی و خروجی را نشان می دهد.

شکل (۱- ۶)

$$VB = \frac{VCC \times RB2}{RB1 + RB2}$$

معادله ۱-۷

$$VE = VB - VBE$$

معادله ۱-۸

$$IE = IC = \frac{VE}{RE}$$

معادله۱ -۹

www.Ir-Micro.com
وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

KV1 :

$$-VCC + IC \times (RC + RE) + VCE = 0 \Rightarrow$$
$$VCE \cong VCC - IC \times (RC + RE)$$

معادله ۱-۱۰

↓ ۲: روش دقیق

هر گاه $\beta Ri >> RB2$ نباشد از روش دقیق برای محاسبه نقطه کار استفاده می نماییم. مراحل زیر جهت بدست آمدن نقطه کار دقیق استفاده می شود.

۱: ابتدا مدار معادل تونن را بدست می آوریم.

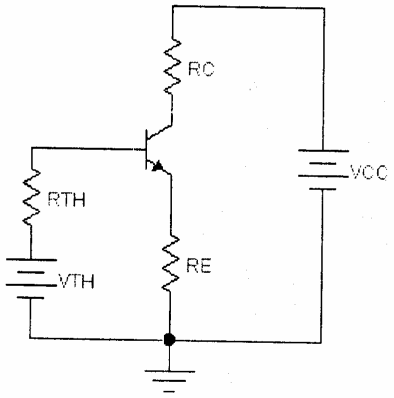
$$Rth = RB1 \| RB2$$

معادله ۱-۱۱

$$Vth = \frac{VCC \times RB2}{RB1 + RB2}$$

معادله ۱-۱۲

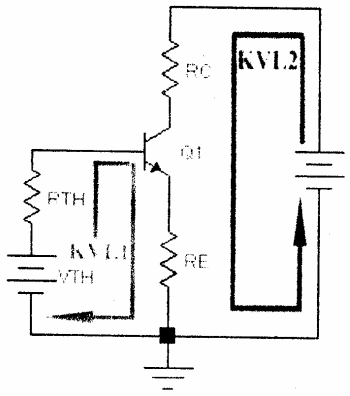
۲: سپس مدار معادل تونن را در ورودی طبق شکل (۱-۷) طبق شکل رسم می کنیم و معادله ورودی را تشکیل می دهیم.



شکل (۱-۷)

www.Ir-Micro.com
وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

شکل (۱-۸) مسیر KVL ورودی و خروجی را نشان می دهد.



شکل (۱- ۸)

KVL1 :

$$-Vth + IB \times Rth + VBE + IB \times (1+\beta) \times RE = 0 \Rightarrow$$

$$IB = \frac{Vth - VBE}{Rth + (1+\beta) \times RE}$$

معادله ۱-۱۳

$$IC = \beta \times IB$$

معادله ۱-۱۴

KVl2 :

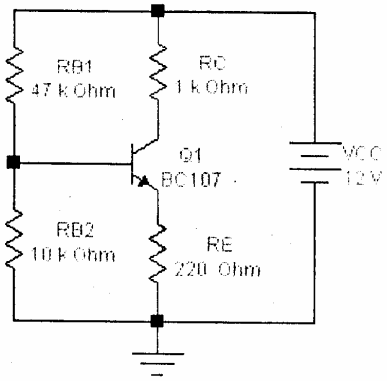
$$-VCC + IC \times (RC + RE) + VCE = 0 \Rightarrow$$

$$VCE \cong VCC - IC \times (RC + RE)$$

معادله ۱-۱۵

www.Ir-Micro.com وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

۱: مدار مقابل را ببندید.



۲: مقادیر نقطه کار را به دو روش دقیق و تقریب بدست آورید؟

۳: ولتاژ DC نقاط بیس ، کلکتور و امیتر را اندازه گیری نمایید؟

۴: مقادیر اندازه گیری شده را با مقدار تئوری مرحله ۲ مقایسه نمایید اگر اختلاف دارد علت اختلاف چیست؟

۵: جریان های IB DC ، IC و IE را اندازه گیری نمایید و با مقدار تئوری مرحله ۲ مقایسه نمایید اگر اختلاف دارد علت اختلاف چیست؟

۶: هر یک از مقاومت های RB1 ، RB2 ، RC و RE را تغییر دهید و اثر آن را بر نقطه کار IC و VCE را بررسی نمایید؟

۷: ترانزیستور را تعویض و از یک ترانزیستور با β دیگر استفاده نمایید سپس مراحل ۲ تا ۵ را تکرار کنید آیا در مقادیر قبلی تغییری ایجاد شده است؟

۸: چرا به این تغذیه مستقل از β گویند؟

ترانزیستورهای FET تغذیه DC:

ترانزیستورهای FET نوعی دیگر از ترانزیستورها هستند که به دلیل برتری در بعضی از مشخصات کاربرد فراوانی دارند برتری FET نسبت به BJT عبارت است از:

۱: ثبات حرارتی بالا
۲: پاسخ فرکانسی خوب
۳: نویزپذیری کمتر
۴: راندمان بالاتر

انواع تغذیه یا بایاسینگ ترانزیستورهای FET:

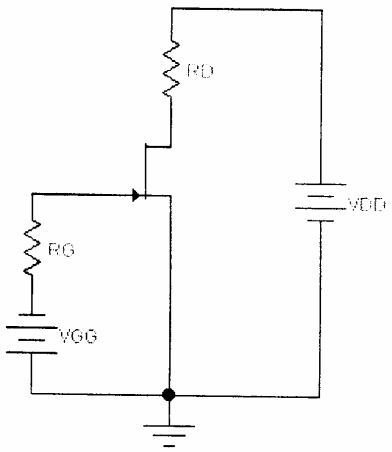
ترانزیستورهای FET نیز همانند ترانزیستورهای BJT تغذیه می شوند انواع تغذیه FET را بررسی می نماییم.

بایاسینگ FET ها به سه روش صورت می گیرد:

۱) بایاس ثابت
۲) بایاس خود تغذیه
۳) بایاس مقسم ولتاژ

۱: بایاس ثابت

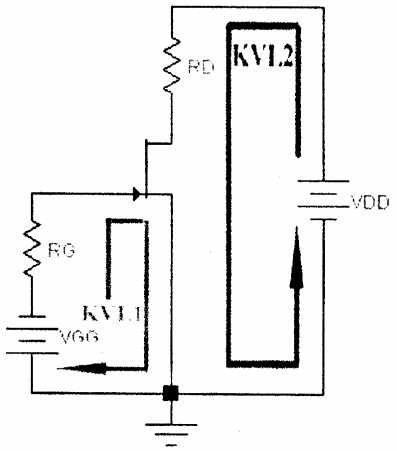
شکل (۱-۹) مدار بایاس ثابت را نشان می دهد.



شکل (۱-۹)

www.Ir-Micro.com
وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

شکل (۱-۱۰) مسیر KVL ورودی و خروجی را نشان می دهد.



شکل (۱- ۱۰)

برای بدست آوردن نقطه کار از معادله ورودی (۱-۱۶) استفاده می نمایم. و مقادیر ID و VGS را به دست می آوریم.

KVL1 :

$$VGG + IG \times RG + VGS = 0 \Rightarrow$$

به علت این که مقاومت ورودی FET ها زیاد است جریان عبوری از مقاومت RG برابر با صفر در نظر گرفته می شود.

$$IF \Rightarrow IG = 0 \Rightarrow VGS = -VGG$$

معادله ۱-۱۶

$$ID = IDSS\left(1 - \frac{VGS}{VP}\right)^2$$

معادله ۱-۱۷

KVL2 :

$$-VDD + ID \times RD + VDS = 0 \Rightarrow$$

$$VDS = VDD - ID \times RD$$

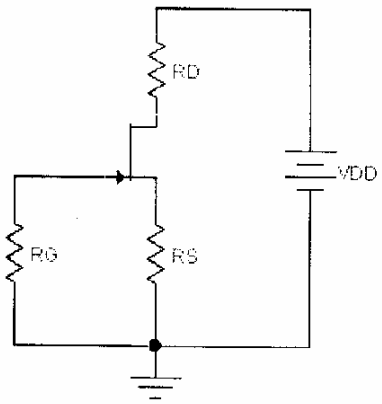
معادله ۱-۱۸

عیب بایاس ثابت:

این بایاس به خاطر داشتن دو منبع تغذیه چندان مناسب نیست به همین خاطر از بایاس نوع دوم یعنی بایاس خود تغذیه استفاده می شود.

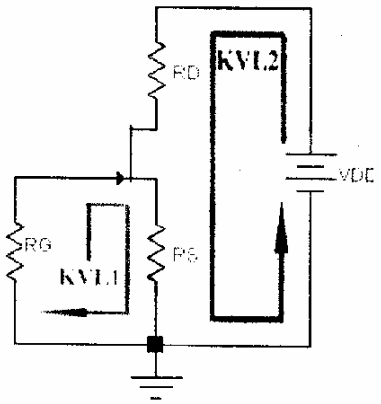
✚ ۲: بایاس خود تغذیه

این بایاس به خاطر این که از یک منبع تغذیه استفاده می شود مناسب تر از بایاس ثابت است.
شکل (۱-۱۱) مدار بایاس خود تغذیه را نشان می دهد.



شکل (۱-۱۱)

شکل (۱- ۱۲) مسیر KVL ورودی و خروجی را نشان می دهد.



شکل (۱- ۱۲)

برای بدست آوردن نقطه کار از معادله ورودی (۱-۱۹) استفاده می نمایم. و مقادیر ID و VGS را به دست می آوریم.
KVL1 :

$$IG \times RG + VGS + ID \times RS = 0 \Rightarrow$$

به علت این که مقاومت ورودی FET ها زیاد است جریان عبوری از مقاومت RG برابر با صفر در نظر گرفته می شود.

www.Ir-Micro.com
وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

$$VGS = -ID \times RS$$

معادله ۱-۱۹

$$ID = IDSS\left(1 - \frac{VGS}{VP}\right)^2$$

معادله ۱-۲۰

KVL2 :

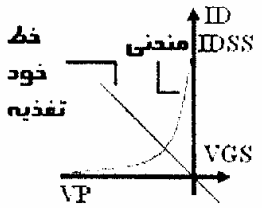
$$-VDD + ID \times RD + VDS + ID \times RS = 0 \Rightarrow$$
$$VDS = VDD - ID \times (RD + RS)$$

معادله ۱-۲۱

برای بدست آوردن نقطه کار در بایاس سرخود دو روش وجود دارد:

- ***۱: روش ترسیمی***

ابتدا منحنی مشخصه انتقالی را طبق شکل (۱-۱۳) رسم می کنیم.



شکل (۱-۱۳)

برای رسم در معادله جریان $ID = IDSS \times \left(1 - \frac{VGS}{VP}\right)^2$ چند مقدار دلخواه به ID و VGS داده نقاط متناظر را بدست می آوریم سپس در دستگاه مختصات رسم می نمایم تا معادله مقابل برای JEFT کانال N حاصل شود.
بعد از رسم منحنی مشخصه انتقال با توجه رابطه VGS= -IDRS خود تغذیه را رسم می کنیم بدین صورت که به جای ID چند عدد قرار می دهیم و مقدار VGS متناظر را بدست می آوریم. آن گاه خط خود تغذیه را نیز رسم می کنیم، محل تقاطع خط خود تغذیه و منحنی نقطه کار است.

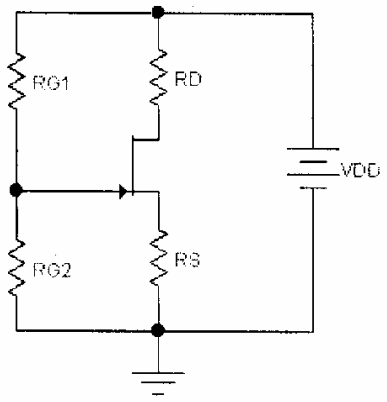
- ***۲: روش ریاضی***

در این روش برای ترسیم نقطه کار به جای VGS در معادله جریان $ID = IDSS \times \left(1 - \frac{VGS}{VP}\right)^2$ مقدار آن را یعنی VGS = -IDRS را قرار داده و معادله به درجه دوم تبدیل می گردد پس از حل معادله درجه ۲ و بدست آوردن ریشه های آن یکی از ریشه ها که منطقی است جریان نقطه کار است.

www.Ir-Micro.com وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

۳: بایاس مقسم ولتاژ

شکل (۱-۱۴) مدار بایاس مقسم ولتاژ را نشان می دهد.



شکل (۱-۱۴)

برای بدست آوردن نقطه کار ابتدا باید مدار معادل تونن شکل (۱-۱۴) را بدست می آوریم
مدار معادل تونن شکل (۱-۱۴) را در شکل (۱-۱۵) مشاهده می نماید.

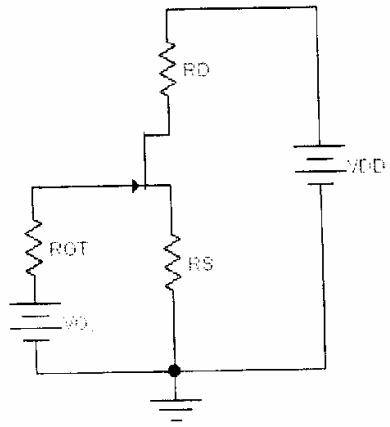
$$Rgt = RG1 \| RG2$$

معادله ۱-۲۲

$$VG = \frac{VDD \times RG2}{RG1 + RG2}$$

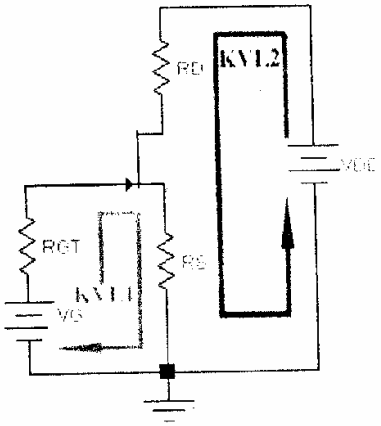
معادله ۱-۲۳

www.Ir-Micro.com
وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر



شکل (۱-۱۵)

شکل (۱ - ۱۶) مسیر KVL ورودی و خروجی را نشان می دهد.



شکل (۱ - ۱۶)

برای بدست آوردن نقطه کار از معادله ورودی (۱ - ۲۴) استفاده می نمایم. و مقادیر ID و VGS را به دست می آوریم.

KVL1:

$$-VG + IGRG + VGS + IDRS = 0$$

به علت این که مقاومت ورودی FET ها زیاد است جریان عبوری از مقاومت RG برابر با صفر در نظر گرفته می شود.

KVL1:

$$-VG + IG \times RG + VGS + ID \times RS = 0 \Rightarrow$$

$$-VG + VGS + ID \times RS = 0 \Rightarrow$$

www.Ir-Micro.com وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

$$VGS = VG - ID \times RS$$

معادله ۱-۲۴

KVL2 :

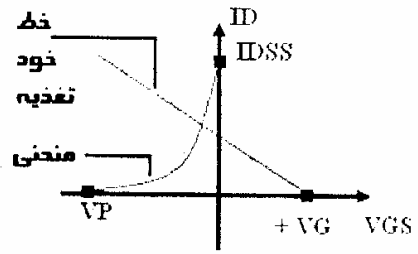
$$-VDD + ID \times RD + VDS + ID \times RS = 0 \Rightarrow$$
$$VDS = VDD - ID \times (RD + RS)$$

معادله ۱-۲۵

برای بدست آوردن نقطه کار در بایاس مقسم ولتاژ دو روش وجود دارد:

- ***۱: روش ترسیمی***

ابتدا منحنی مشخصه انتقالی را طبق شکل (۱-۱۷) رسم می کنیم.



شکل (۱-۱۷)

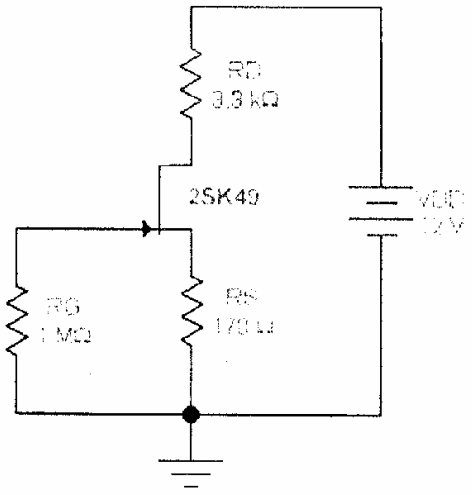
برای رسم در معادله جریان $ID = IDSS \times \left(1 - \frac{VGS}{VP}\right)^2$ چند مقدار دلخواه به ID و VGS داده نقاط متناظر را بدست می آوریم سپس در دستگاه مختصات رسم می نمایم تا معادله مقابل برای JEFT کانال N حاصل شود.
بعد از رسم منحنی مشخصه انتقال با توجه رابطه VGS = VG - IDRS خود تغذیه را رسم می کنیم بدین صورت که به جای ID چند عدد قرار می دهیم و مقدار VGS متناظر را بدست می آوریم. آن گاه خط خود تغذیه را نیز رسم می کنیم، محل تقاطع خط خود تغذیه و منحنی نقطه کار است.

- ***۲: روش ریاضی***

در این روش برای ترسیم نقطه کار به جای VGS در معادله جریان $ID = IDSS \times \left(1 - \frac{VGS}{VP}\right)^2$ مقدار آن را یعنی VGS = VG - IDRS را قرار داده و معادله به درجه دوم تبدیل می گردد پس از حل معادله درجه ۲ و بدست آوردن ریشه های آن یکی از ریشه ها که منطقی است جریان نقطه کار است.

www.Ir-Micro.com وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

۱: مدار مقابل را ببندید.



۲: با توجه به VP و IDSS که از طریق شماره ترانزیستور و مراجعه به کاتالوگ بدست می آید مقادیر تئوری ID و VDS را بدست آورید؟

۳: مقدار ID و VDS را اندازه گیری نمایید؟ و با مقدار تئوری مرحله ۲ مقایسه کنید اگر اختلاف دارد علت را بررسی کنید؟

۴: RS را تغییر اثر آن را بر نقطه کار بررسی نمایید؟

۵: RD را تغییر اثر آن را بر نقطه کار بررسی نمایید؟

۶: RG را تغییر اثر آن را بر نقطه کار بررسی نمایید؟ و بگویید نقش RG در مدار چیست؟

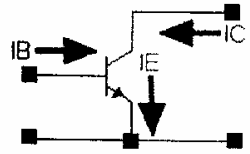
تقویت کننده های BJT

آرایش ترانزیستورهای BJT بر سه نوع است:

۱) آرایش امیتر مشترک
۲) آرایش بیس مشترک
۳) آرایش کلکتور مشترک

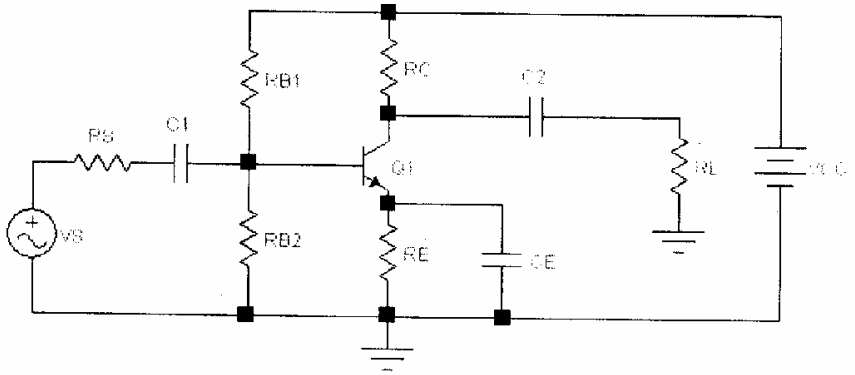
۱: تقویت کننده امیتر مشترک

هرگاه سیگنال ورودی به بیس و پس از تقویت از کلکتور دریافت شود تقویت کننده امیتر مشترک گویند. در این تقویت کننده پایه امیتر بین ورودی و خروجی مشترک است همانند شکل (۲-۱)



شکل (۲-۱)

مداری را که در شکل (۲-۲) مشاهده می نماید تقویت کننده امیتر مشترک بایاس سرخود را نشان می دهد.



شکل (۲-۲)

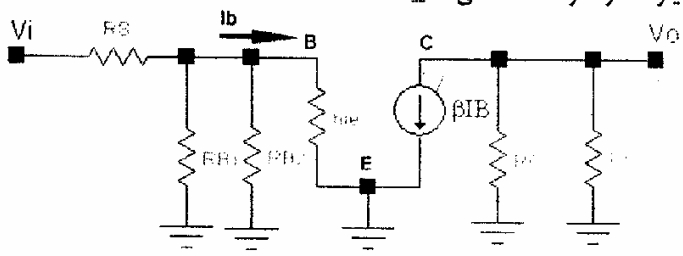
تقویت کننده امیتر مشترک به علت داشتن بهره ولتاژ زیاد و جریان بالا کاربرد فراوانی دارد امپدانس ورودی و خروجی آن تقریبا متوسط است به همین خاطر بیشتر در طبقات میانی استفاده می گردد و بین سیگنال ورودی و خروجی آن 180 درجه اختلاف فاز وجود دارد.

www.Ir-Micro.com
وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

مدل AC تقویت کننده امیتر مشترک

برای اینکه بتوانیم بهره ولتاژ، بهره جریان، مقاومت ورودی و مقاومت خروجی را بدست آوریم نیاز به مدل AC تقویت کننده داریم.

در شکل (۲-۳) مدل AC تقویت کننده امیتر مشترک را مشاهده می نمایید.



شکل (۲-۳)

در رسم مدل AC تقویت کننده ها باید به چند نکته توجه کرد:

۱) خازن های بای پس و کوپلاژ اتصال کوتاه هستند.

۲) منبع تغذیه DC زمین می شود.

$$AV = \frac{VO}{VI} \Rightarrow \frac{-\beta IB \times RC \| RL}{IB \times hie} \Rightarrow \frac{-\beta RC \| RL}{hie} \Rightarrow \frac{RC \| RL}{\frac{hie}{\beta}} \Rightarrow$$

$$AV = \frac{-RC \| RL}{re}$$

معادله ۲-۱

$$Ri = RB1 \| RB2 \| hie$$

معادله ۲-۲

$$RO = RC \| RL$$

معادله ۲-۳

$$Ai = \frac{IO}{Ii} \Rightarrow \frac{\frac{VO}{RL}}{\frac{Vi}{Ri}} \Rightarrow$$

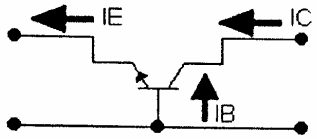
$$Ai = AV \times \frac{Ri}{RL}$$

معادله ۲-۴

www.Ir-Micro.com
وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

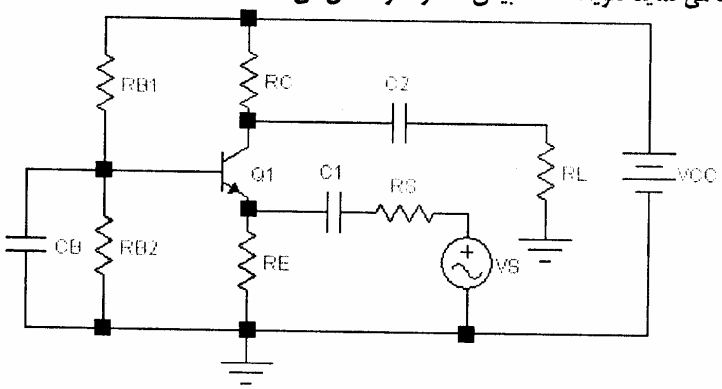
۲: تقویت کننده بیس مشترک

هرگاه سیگنال ورودی به امیتر و پس از تقویت از کلکتور دریافت شود تقویت کننده بیس مشترک گویند. در این تقویت کننده پایه بیس بین ورودی و خروجی مشترک است همانند شکل (۲-۴)



شکل (۲-۴)

مداری را که در شکل (۲-۵) مشاهده می نماید تقویت کننده بیس مشترک را نشان می دهد.



شکل (۲-۵)

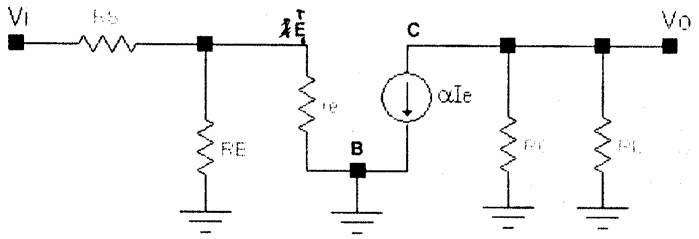
- توجه داشته باشید خازن CB خازن بای پس می باشد.

تقویت کننده بیس مشترک به علت داشتن امپدانس ورودی کم در مواقعی که مقاومت منبع سیگنال خیلی کم باشد مانند میکروفون استفاده می شود.

مدل AC تقویت کننده بیس مشترک

برای اینکه بتوانیم بهره ولتاژ، بهره جریان، مقاومت ورودی و مقاومت خروجی را بدست آوریم نیاز به مدل AC تقویت کننده داریم.
در شکل (۲-۶) مدل AC تقویت کننده بیس مشترک را مشاهده می نمایید.

www.Ir-Micro.com
وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر



شکل (۲-۶)

در رسم مدل AC تقویت کننده ها باید به چند نکته توجه کرد:

۱) خازن های بای پس و کوپلاژ اتصال کوتاه هستند.
۲) منبع تغذیه DC زمین می شود.

$$AV = \frac{VO}{Vi} \Rightarrow \frac{-\alpha Ie \times RC \| RL}{-Ie \times re} \Rightarrow \alpha = \frac{IC}{IE} \cong 1 \Rightarrow \alpha \cong 1$$

$$AV = \frac{RC \| RL}{re}$$

معادله ۲-۵

$$Ri = RE \| re \cong re$$

معادله ۲-۶

$$RO = RC \| RL$$

معادله ۲-۷

$$Ai = \frac{IO}{Ii} \Rightarrow \frac{\frac{VO}{RL}}{\frac{Vi}{Ri}}$$

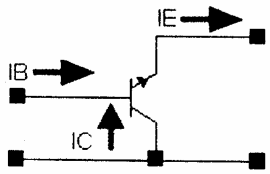
$$Ai = AV \times \frac{Ri}{RL}$$

معادله ۲-۸

www.Ir-Micro.com
وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

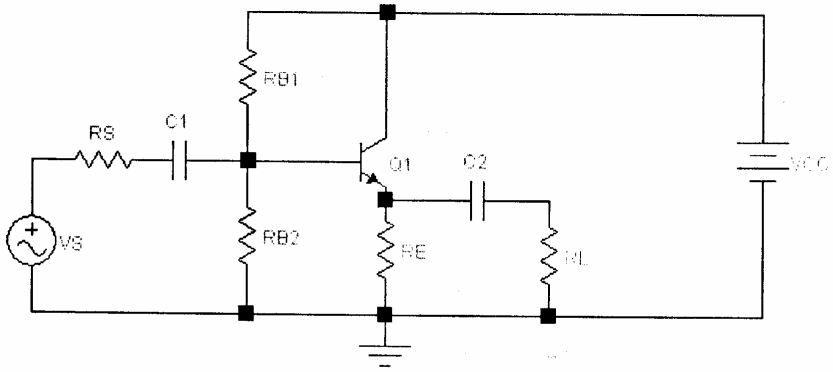
۳ : تقویت کننده کلکتور مشترک

هرگاه سیگنال ورودی به بیس و پس از تقویت از امیتر دریافت شود تقویت کننده کلکتور مشترک گویند. در این تقویت کننده پایه کلکتور بین ورودی و خروجی مشترک است همانند شکل (۲-۷)



شکل (۲-۷)

مداری را که در شکل (۲-۸) مشاهده می نماید تقویت کننده کلکتور مشترک را نشان می دهد.



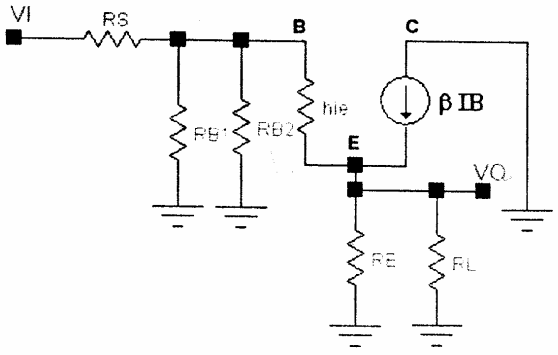
شکل (۲-۸)

تقویت کننده کلکتور مشترک به علت داشتن مقاومت ورودی زیاد **و** مقاومت خروجی خیلی کم **و هم چنین** بهره ولتاژ **۱ در** تقویت جریان، **در** رگولاتورها **و نیز به عنوان** تقویت کننده انتهایی **در** طبقه صوتی **یا** *تطبیق امپدانس* **استفاده می گردد.**

مدل AC تقویت کننده کلکتور مشترک

برای اینکه بتوانیم بهره ولتاژ، بهره جریان، مقاومت ورودی و مقاومت خروجی را بدست آوریم نیاز به مدل AC تقویت کننده داریم.
در شکل (۲-۹) مدل AC تقویت کننده کلکتور مشترک را مشاهده می نمایید.

www.Ir-Micro.com
وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر



شکل (۲-۹)

در رسم مدل AC تقویت کننده ها باید به چند نکته توجه کرد:

۱) خازن های بای پس و کوپلاژ اتصال کوتاه هستند.
۲) منبع تغذیه DC زمین می شود.

$$AV = \frac{VO}{Vi} \Rightarrow \frac{ie \times RE \| RL}{IB \times \left(hie + (1+\beta) \times RE \| RL\right)}$$

$$Ie = (1+\beta) \times IB$$

$$AV = \frac{RE}{re + RE \| RL} \cong 1$$

معادله ۲-۹

$$Ri = RB1 \| RB2 \| \left(hie + (1+\beta) \times RE \| RL\right)$$

معادله ۲-۱۰

$$RO = \frac{RB1 \| RB2 + hie}{1+\beta} \| RE$$

معادله ۲-۱۱

$$Ai = \frac{IO}{Ii} \Rightarrow \frac{\frac{VO}{RL}}{\frac{Vi}{Ri}} \Rightarrow$$

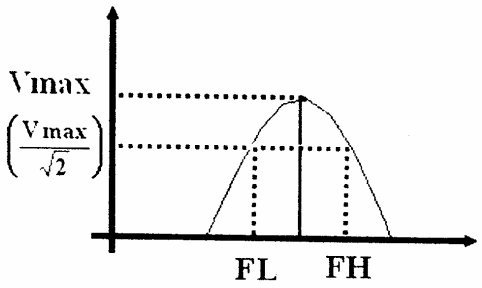
$$Ai = AV \times \frac{Ri}{RL}$$

معادله ۲-۱۲

www.Ir-Micro.com
وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

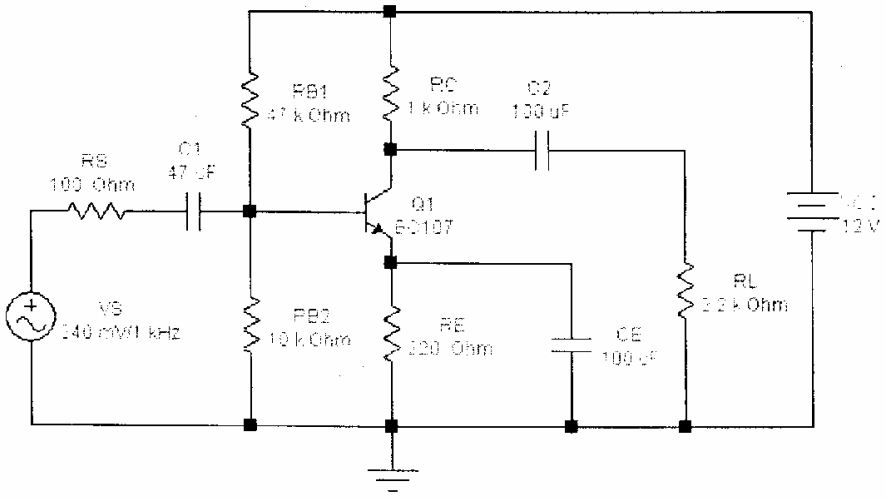
بدست آوردن پهنای باند عملی تقویت کننده ها

ابتدا فرکانس ورودی را تغییر تا بیشترین دامنه در خروجی ظاهر شود سپس این دامنه را بر $\sqrt{2}$ تقسیم می کنیم $\left(\frac{V\,max}{\sqrt{2}}\right)$ مقدار بدست آمده دو نقطه فرکانس های قطع بالا و پایین هستند حال فرکانس ورودی را در دو جهت کاهش و افزایش داده تا به این دامنه برسیم فرکانس های بدست آمده در این دو نقطه را فرکانس قطع پایین و بالا گویند.



www.Ir-Micro.com
وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

۱: مدار مقابل را ببندید.



۲: مقادیر نقطه کار مدار را محاسبه نمایید؟ (IC و VCE)

۳: مقادیر نقطه کار مدار را توسط مولتی متر DC اندازه گیری نمایید و با مقدار مرحله ۲ مقایسه نمایید؟ اگر اختلافی وجود دارد علت را بررسی کنید؟

۴: مقادیر Ri ، Ro ، Av و Ai را به صورت تئوری محاسبه نمایید؟

۵: شکل موج ورودی و خروجی را مشاهده و زیر هم رسم نمایید؟

۶: با توجه به شکل موج های بدست آمده بهره ولتاژ را بدست آورید و با بهره ولتاژ تئوری مرحله ۴ مقایسه کنید؟ اگر اختلافی وجود دارد علت را بررسی کنید؟

۷: شکل موج دو سر Vrs را مشاهده و رسم نمایید؟

www.Ir-Micro.com وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

۸: جریان ورودی مدار را از طریق $Ii = \frac{Vrs}{RS}$ بدست آورید؟

۹: با توجه به رابطه $Ri = \frac{Vi}{Ii}$ مقاومت ورودی را بدست آورید سپس مقدار بدست آمده را با تئوری مرحله ۴ مقایسه کنید؟ در صورت اختلاف علت را بررسی کنید؟

۱۰: برای محاسبه مقاومت خروجی یکبار ولتاژ خروجی را در حالت بدون بار (Voo) و بار دیگر با اتصال RL (Vol) اندازه گیری نموده سپس از طریق رابطه $Ro = \frac{(Voo - Vol) \times RL}{Vol}$ مقاومت خروجی را بدست آورید و آن را با تئوری مرحله ۴مقایسه نمایید؟ در صورت اختلاف علت را بررسی کنید؟

۱۱: IL را از طریق رابطه $IL = \frac{Vol}{RL}$ بدست آورید؟

۱۲: بهره جریان مدار را از طریق $Ai = \frac{IL}{Ii}$ بدست آورید و آن را با مرحله ۴ مقایسه نمایید؟ اگر اختلافی وجود دارد علت را بررسی کنید؟

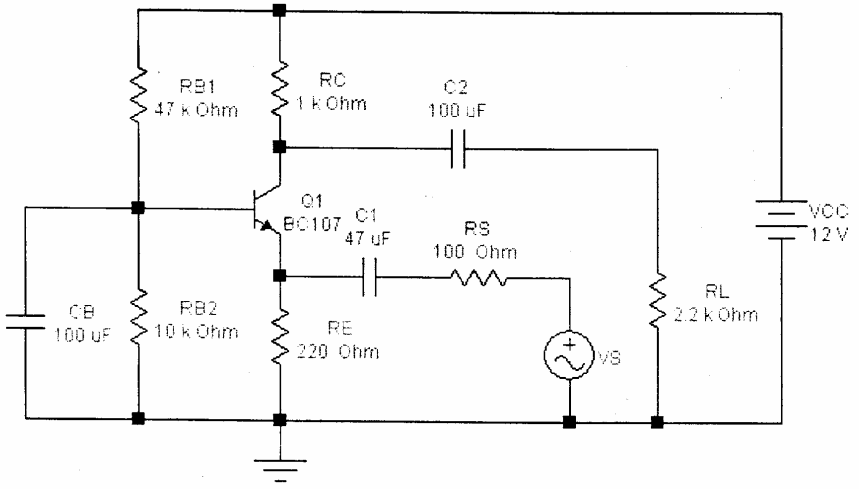
۱۳: چه اختلاف فازی بین ورودی و خروجی دارد؟

۱۴: با تغییر فرکانس ورودی دامنه خروجی را مشاهده و در جدول یادداشت کنید؟ سپس در محور مختصات رسم کنید؟

۱۵: فرکانس قطع پایین و بالا را به صورت عملی بدست آورده و در منحنی مرحله ۱۴ مشخص کنید؟

www.Ir-Micro.com وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

۱: مدار مقابل را ببندید.



۲: مقادیر نقطه کار مدار را محاسبه نمایید؟ (IC و VCE)

۳: مقادیر نقطه کار مدار را توسط مولتی متر DC اندازه گیری نمایید و با مقدار مرحله ۲ مقایسه نمایید؟ اگر اختلافی وجود دارد علت را بررسی کنید؟

۴: مقادیر Ri ، Ro ، Av و Ai را به صورت تئوری محاسبه نمایید؟

۵: شکل موج ورودی و خروجی را مشاهده و زیر هم رسم نمایید؟

۶: با توجه به شکل موج های بدست آمده بهره ولتاژ را بدست آورید و با بهره ولتاژ مرحله ۴ مقایسه کنید؟ اگر اختلافی وجود دارد علت را بررسی کنید؟

۷: شکل موج دو سر Vrs را مشاهده و رسم نمایید؟

www.Ir-Micro.com وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

۸: جریان ورودی مدار را از طریق $Ii = \frac{Vrs}{RS}$ بدست آورید؟

۹: با توجه به رابطه $Ri = \frac{Vi}{Ii}$ مقاومت ورودی را بدست آورید سپس مقدار بدست آمده را با تئوری مرحله ۴ مقایسه کنید؟ در صورت اختلاف علت را بررسی کنید؟

۱۰: برای محاسبه مقاومت خروجی یکبار ولتاژ خروجی را در حالت بدون بار (Voo) و بار دیگر با اتصال RL (Vol) اندازه گیری نموده سپس از طریق رابطه $Ro = \frac{(Voo - Vol) \times RL}{Vol}$ مقاومت خروجی را بدست آورید و آن را با تئوری مرحله ۴مقایسه نمایید؟ در صورت اختلاف علت را بررسی کنید؟

۱۱: IL را از طریق رابطه $IL = \frac{Vol}{RL}$ بدست آورید؟

۱۲: بهره جریان مدار را از طریق $Ai = \frac{IL}{Ii}$ بدست آورید و آن را با مرحله ۴ مقایسه نمایید؟ اگر اختلافی وجود دارد علت را بررسی کنید؟

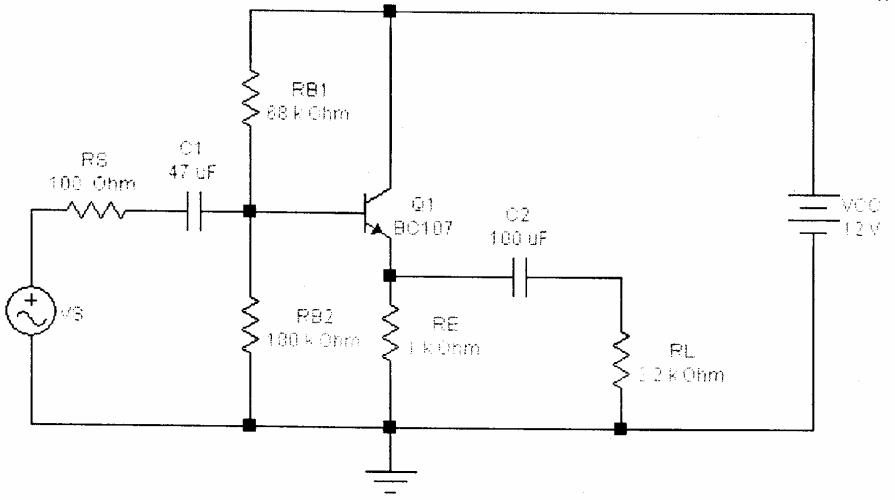
۱۳: چه اختلاف فازی بین ورودی و خروجی دارد؟

۱۴: با تغییر فرکانس ورودی دامنه خروجی را مشاهده و در جدول یادداشت کنید؟ سپس در محور مختصات رسم کنید؟

۱۵: فرکانس قطع پایین و بالا را به صورت عملی بدست آورده و در منحنی مرحله ۱۴ مشخص کنید؟

www.Ir-Micro.com وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

۱: مدار مقابل را ببندید.



۲: مقادیر نقطه کار مدار را محاسبه نمایید؟ (IC و VCE)

۳: مقادیر نقطه کار مدار را توسط مولتی متر DC اندازه گیری نمایید و با مقدار مرحله ۲ مقایسه نمایید؟ اگر اختلافی وجود دارد علت را بررسی کنید؟

۴: مقادیر Ri ، Ro ، Av و Ai را به صورت تئوری محاسبه نمایید؟

۵: شکل موج ورودی و خروجی را مشاهده و زیر هم رسم نمایید؟

۶: با توجه به شکل موج های بدست آمده بهره ولتاژ را بدست آورید و با بهره ولتاژ مرحله ۴ مقایسه کنید؟ اگر اختلافی وجود دارد علت را بررسی کنید؟

۷: شکل موج دو سر Vrs را مشاهده و رسم نمایید؟

۸: جریان ورودی مدار را از طریق $Ii = \frac{Vrs}{RS}$ بدست آورید؟

۹: با توجه به رابطه $Ri = \frac{Vi}{Ii}$ مقاومت ورودی را بدست آورید سپس مقدار بدست آمده را با تئوری مرحله ۴ مقایسه کنید؟ در صورت اختلاف علت را بررسی کنید؟

۱۰: برای محاسبه مقاومت خروجی یکبار ولتاژ خروجی را در حالت بدون بار (Voo) و بار دیگر با اتصال RL (Vol) اندازه گیری نموده سپس از طریق رابطه $Ro = \frac{(Voo - Vol) \times RL}{Vol}$ مقاومت خروجی را بدست آورید و آن را با تئوری مرحله ۴مقایسه نمایید؟ در صورت اختلاف علت را بررسی کنید؟

۱۱: IL را از طریق رابطه $IL = \frac{Vol}{RL}$ بدست آورید؟

۱۲: بهره جریان مدار را از طریق $Ai = \frac{IL}{Ii}$ بدست آورید و آن را با مرحله ۴ مقایسه نمایید؟ اگر اختلافی وجود دارد علت را بررسی کنید؟

۱۳: چه اختلاف فازی بین ورودی و خروجی دارد؟

۱۴: با تغییر فرکانس ورودی دامنه خروجی را مشاهده و در جدول یادداشت کنید؟ سپس در محور مختصات رسم کنید؟

۱۵: فرکانس قطع پایین و بالا را به صورت عملی بدست آورده و در منحنی مرحله ۱۴ مشخص کنید؟

www.Ir-Micro.com وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

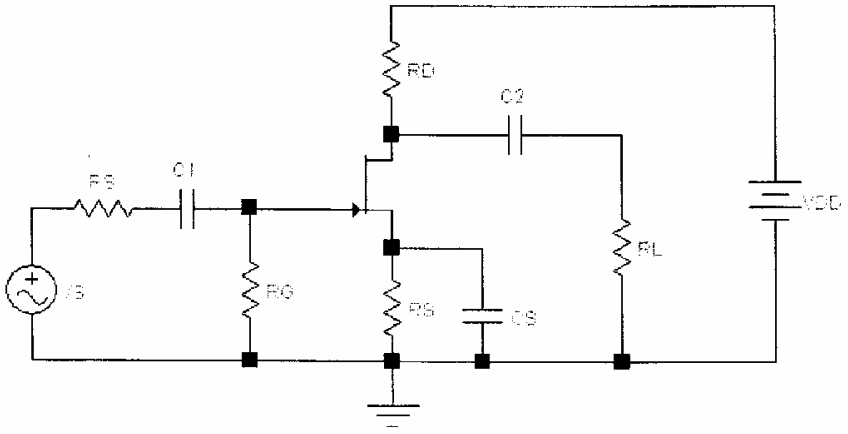
تقویت کننده های FET.

آرایش ترانزیستورهای FET بر سه نوع است:

۱) آرایش سورس مشترک
۲) آرایش گیت مشترک
۳) آرایش درین مشترک

۱: تقویت کننده سورس مشترک

هرگاه سیگنال ورودی به گیت و پس از تقویت از درین دریافت شود تقویت کننده را سورس مشترک گویند. در این تقویت کننده پایه گیت بین ورودی و خروجی مشترک است.
مداری را که در شکل (۲-۱۰) مشاهده می نماید تقویت کننده سورس مشترک را نشان می دهد.



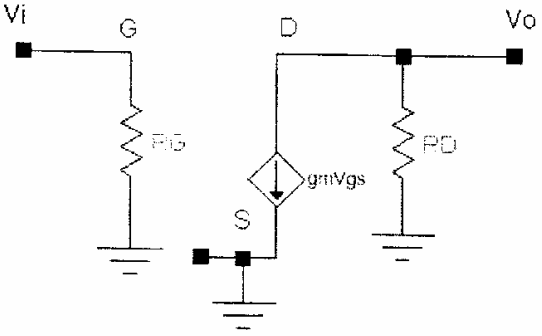
شکل (۲-۱۰)

تقویت کننده سورس مشترک به علت داشتن بهره ولتاژ زیاد و جریان بالا کاربرد فراوانی دارد امپدانس ورودی و خروجی آن تقریبا متوسط است به همین خاطر بیشتر در طبقات میانی استفاده می گردد و بین سیگنال ورودی و خروجی آن 180 درجه اختلاف فاز وجود دارد.

www.Ir-Micro.com وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

مدل AC تقویت کننده سورس مشترک

برای اینکه بتوانیم بهره ولتاژ، بهره جریان، مقاومت ورودی و مقاومت خروجی را بدست آوریم نیاز به مدل AC تقویت کننده داریم.
در شکل (۲-۱۱) مدل AC تقویت کننده سورس مشترک را مشاهده می نمایید.



شکل (۲-۱۱)

در رسم مدل AC تقویت کننده ها باید به چند نکته توجه کرد:

۱) خازن های بای پس و کوپلاژ اتصال کوتاه هستند.
۲) منبع تغذیه DC زمین می شود.

$$AV = \frac{VO}{Vi} \Rightarrow \frac{-gmVGS \times RD}{VGS} \Rightarrow$$
$$AV = -gmRD$$

معادله ۲-۱۳

$$Ri = RG$$

معادله ۲-۱۴

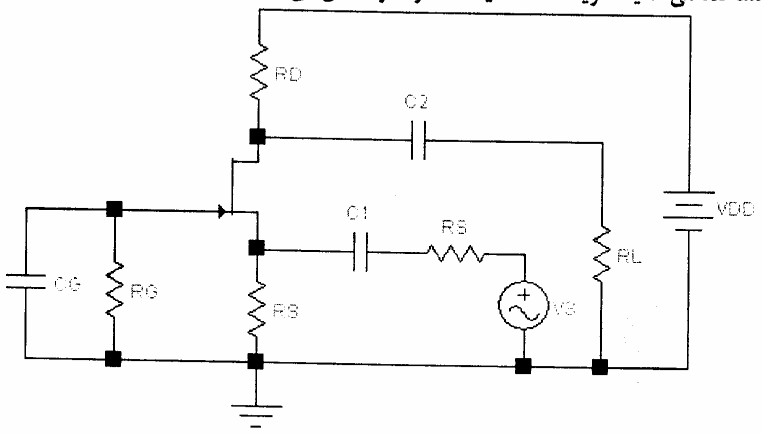
$$RO = RD$$

معادله ۲-۱۵

www.Ir-Micro.com
وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

۲: تقویت کننده گیت مشترک

هرگاه سیگنال ورودی به سورس و پس از تقویت از درین دریافت شود تقویت کننده گیت مشترک گویند.
مداری را که در شکل (۲-۱۲) مشاهده می نماید تقویت کننده گیت مشترک را نشان می دهد.



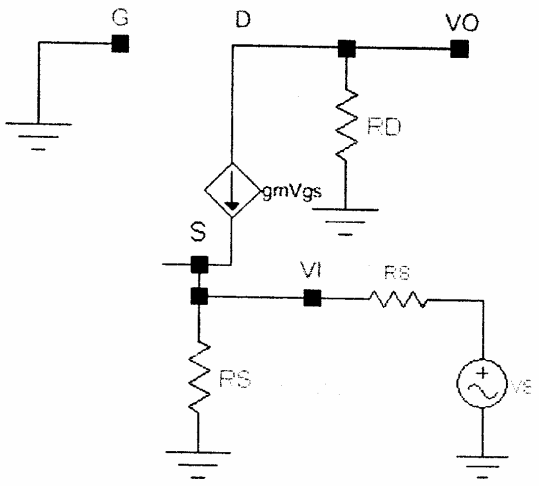
شکل (۲-۱۲)

این تقویت کننده به دلیل مقاومت ورودی خیلی کم **و** مقاومت خروجی زیاد **برای** تطبیق امپدانس بین یک مولد **سیگنال با** مقاومت داخلی کم **و یا** بار بزرگ **مناسب است.**

مدل AC تقویت کننده گیت مشترک

برای اینکه بتوانیم بهره ولتاژ، بهره جریان، مقاومت ورودی و مقاومت خروجی را بدست آوریم نیاز به مدل AC تقویت کننده داریم.
در شکل (۲-۱۳) مدل AC تقویت کننده گیت مشترک را مشاهده می نمایید.

www.Ir-Micro.com
وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر



شکل (۲-۱۳)

در رسم مدل AC تقویت کننده ها باید به چند نکته توجه کرد:

۱) خازن های بای پس و کوپلاژ اتصال کوتاه هستند.
۲) منبع تغذیه DC زمین می شود.

$$AV = \frac{VO}{Vi} \Rightarrow \frac{-gmVGS \times RD}{-VGS} \Rightarrow$$
$$AV = gmRD$$

معادله ۲-۱۶

رابطه **Ri** را اثبات کنید؟

$$Ri = RS \| \frac{1}{gm}$$

معادله ۲-۱۷

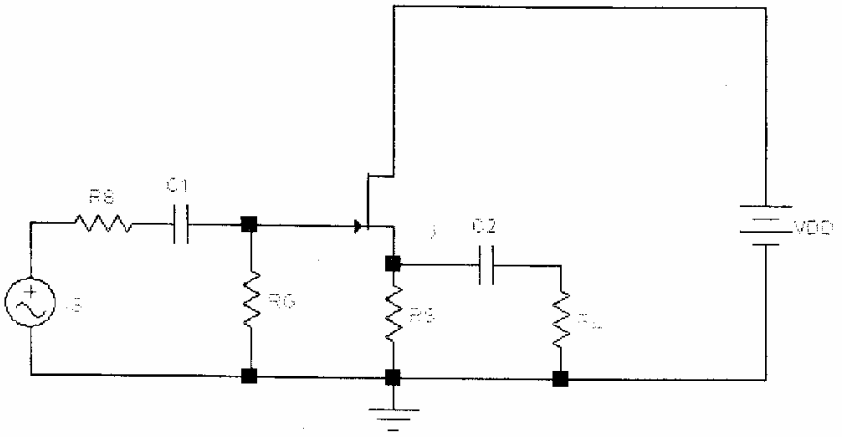
$$RO = RD$$

معادله ۲-۱۸

www.Ir-Micro.com
وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

۳: تقویت کننده درین مشترک (سورس پیرو)

هرگاه سیگنال ورودی به گیت و پس از تقویت از سورس دریافت شود تقویت کننده درین مشترک گویند.
مداری را که در شکل (۲-۱۴) مشاهده می نماید تقویت کننده درین مشترک را نشان می دهد.



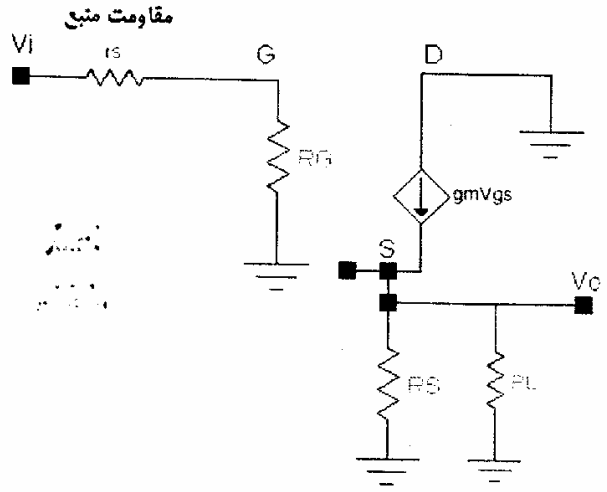
شکل (۲-۱۴)

این تقویت کننده به علت داشتن مقاومت ورودی زیاد، مقاومت خروجی کم ، به عنوان تطبیق دهنده امپدانس در طبقات نهایی به کار می رود.

مدل AC تقویت کننده درین مشترک

برای اینکه بتوانیم بهره ولتاژ، بهره جریان، مقاومت ورودی و مقاومت خروجی را بدست آوریم نیاز به مدل AC تقویت کننده داریم.
در شکل (۲-۱۵) مدل AC تقویت کننده درین مشترک را مشاهده می نمایید.

www.Ir-Micro.com
وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر



شکل (۲-۱۵)

در رسم مدل AC تقویت کننده ها باید به چند نکته توجه کرد:

۱) خازن های بای پس و کوپلاژ اتصال کوتاه هستند.

۲) منبع تغذیه DC زمین می شود.

$$AV = \frac{VO}{Vi} \Rightarrow \frac{-gmVGS \times RS \| RL}{VGS + gmEGS \times RS \| RL} \Rightarrow$$

معادله ۲-۱۹

اگر $gmVgs >> 1$ باشد معادله (۲-۱۹) به صورت زیر در می آید.

$$AV = \frac{VO}{Vi} \Rightarrow \frac{-gmRS \| RL}{1 + gmRS} \Rightarrow IfgmRS \| RL \rangle 1 \Rightarrow AV \cong 1$$

$$AV = 1$$

معادله ۲-۲۰

$$Ri = RG$$

معادله ۲-۲۱

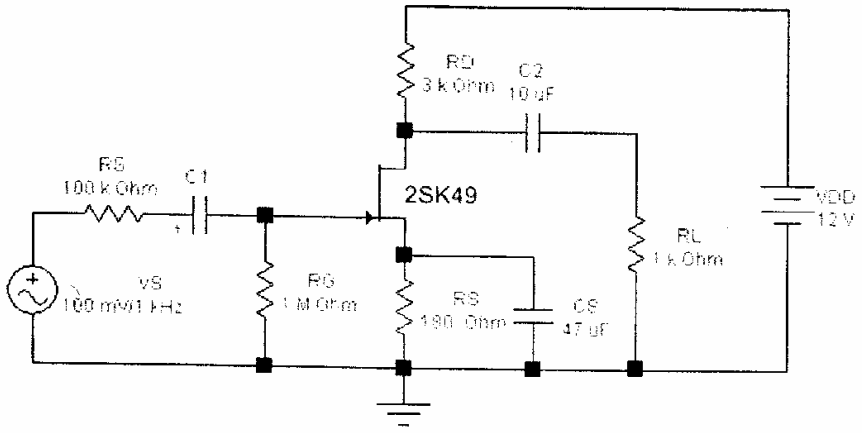
معادله RO را اثبات کنید؟

$$RO = RS \left\| \frac{1}{gm} \right.$$

معادله ۲-۲۲

www.Ir-Micro.com وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

۱: مدار مقابل را ببندید.



۲: مقادیر نقطه کار مدار را محاسبه نمایید؟ (ID و VDS)

۳: مقادیر نقطه کار مدار را توسط مولتی متر DC اندازه گیری نمایید و با مقدار تئوری مرحله ۲ مقایسه نمایید؟ در صورت اختلاف علت را بررسی کنید؟

۴: مقادیر Ri ، Ro ، Av و Ai را به صورت تئوری محاسبه نمایید؟

۵: شکل موج ورودی و خروجی را مشاهده و زیر هم رسم نمایید؟

۶: با توجه به شکل موج های بدست آمده بهره ولتاژ را بدست آورید و با بهره ولتاژ مرحله ۴ مقایسه کنید؟

۷: شکل موج دو سر Vrs را مشاهده و رسم نمایید؟

www.Ir-Micro.com
وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

۸: جریان ورودی مدار را از طریق $Ii = \frac{Vrs}{RS}$ بدست آورید؟

۹: با توجه به رابطه $Ri = \frac{Vi}{Ii}$ مقاومت ورودی را بدست آورید سپس مقدار بدست آمده را با تئوری مرحله ۴ مقایسه کنید؟ در صورت اختلاف علت را بررسی کنید؟

۱۰: برای محاسبه مقاومت خروجی یکبار ولتاژ خروجی را در حالت بدون بار (Voo) و بار دیگر با اتصال RL (Vol) اندازه گیری نموده سپس از طریق رابطه $Ro = \frac{(Voo - Vol) \times RL}{Vol}$ مقاومت خروجی را بدست آورید و آن را با تئوری مرحله ۴ مقایسه نمایید؟ در صورت اختلاف علت را بررسی کنید؟

۱۱: IL را از طریق رابطه $IL = \frac{Vol}{RL}$ را بدست آورید؟

۱۲: بهره جریان مدار را از طریق $Ai = \frac{IL}{Ii}$ بدست آورید و آن را با تئوری مرحله ۴ مقایسه نمایید؟ در صورت اختلاف علت را بررسی کنید؟

۱۳: اختلاف فاز بین ورودی و خروجی مدار چقدر است؟

۱۴: با تغییر فرکانس ورودی دامنه خروجی را مشاهده و در جدول یادداشت کنید؟ سپس در محور مختصات رسم کنید؟

۱۵: فرکانس قطع پایین و بالا را به صورت عملی بدست آورده و در منحنی مرحله ۱۴ مشخص کنید؟

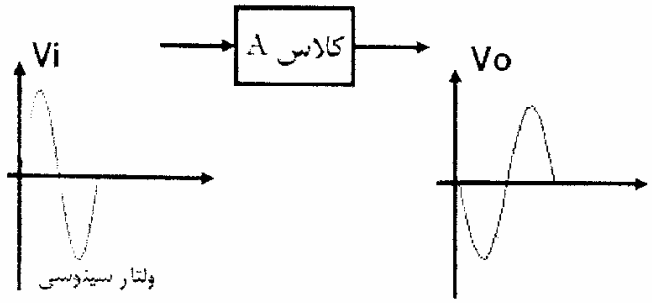
www.Ir-Micro.com وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

تقویت کننده های قدرت

تقویت کننده های قدرت بر حسب مدت زمانی از دوره تناوب سیگنال ورودی که تقویت شده و به بار اعمال می شود یا بر حسب مدت زمانی از دوره تناوب سیگنال سینوسی ورودی که عنصر فعال در ناحیه خطی قرار دارد به چهار دسته به صورت زیر تقسیم می گردند.

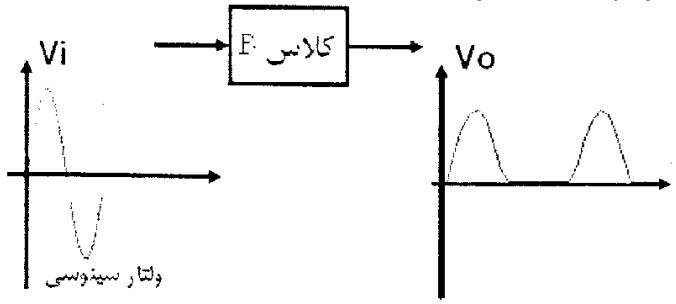
۱: تقویت کننده کلاس A

تقویت کننده کلاس A تقویت کننده ای است که بتواند تمام سیکل ورودی را به یک اندازه تقویت کند.



۲: تقویت کننده کلاس B

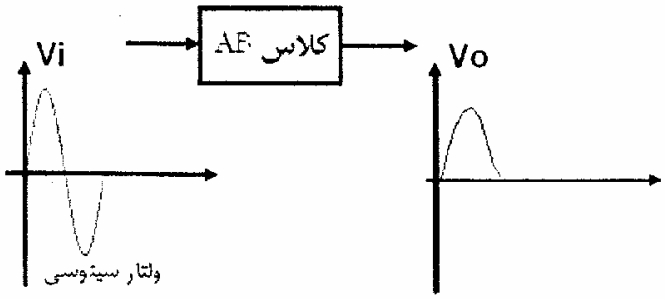
تقویت کننده‌ای که بتواند نیم سیکل موج ورودی را هدایت کند و در غیاب سیگنال AC جریان کلکتور صفر است تقویت کننده کلاس B گویند. در تقویت کننده کلاس B بیس امیتر تغذیه نمی شود.



۳: تقویت کننده کلاس AB

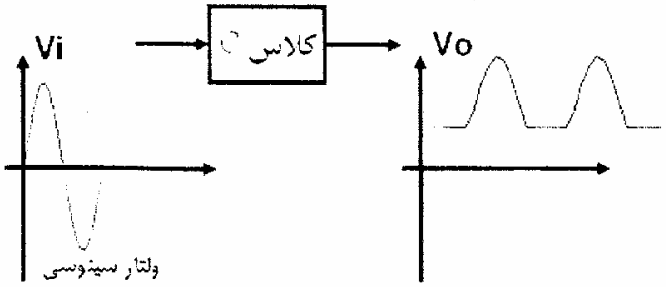
در این دسته از تقویت کننده ها نقطه کار بین دو حالت کلاس A و کلاس B انتخاب می شود. این تقویت کننده نیمی از سیگنال ورودی را تقویت می کند ، در این تقویت کننده ترانزیستور در حال هدایت بایاس می گردد.

www.Ir-Micro.com
وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر



۴: تقویت کننده کلاس C

در این تقویت کننده فقط قسمتی از نیم سیکل مثبت یا منفی بستگی به (نوع ترانزیستور) تقویت می شود. بایاس بیس امیتر معمولا به طور معکوس می باشد.



تقویت کننده کلاس A

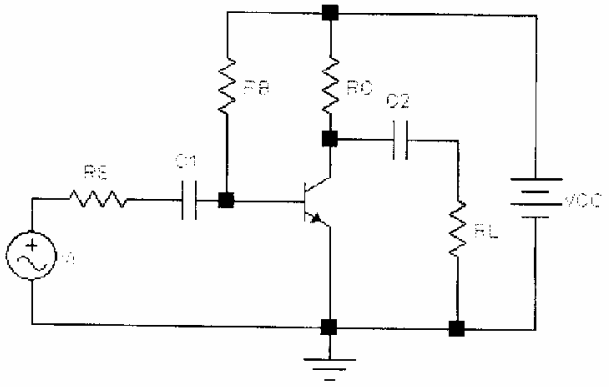
تقویت کننده های کلاس A بر دو نوع هستند:

۱) تقویت کننده کلاس A با کوپلاژ خازنی
۲) تقویت کننده کلاس A با کوپلاژ ترانسفورماتوری

۱: تقویت کننده کلاس A با کوپلاژ خازنی

درتقویت کننده کلاس A کوپلاژ خازنی بدلیل استفاده از مقاومت در کلکتور توان تلفاتی زیاده بوده و راندمان تقویت کننده را پایین می باشد.
مدار شکل (۳-۱) تقویت کننده کلاس A با کوپلاژ خازنی را نشان می دهد.

www.Ir-Micro.com وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر



شکل (۳-۱)

راندمان تقویت کننده کلاس A با کوپلاژ خازنی

راندمان عبارت است از توان AC منتقل شده به بار بر روی توان DC گرفته شده از منبع تغذیه
در این تقویت کننده با توجه به معادله (۳-۱) راندمان در حالت آیده آل۲۵٪ خواهد بود ولی عملا به این مقدار نمی رسد.

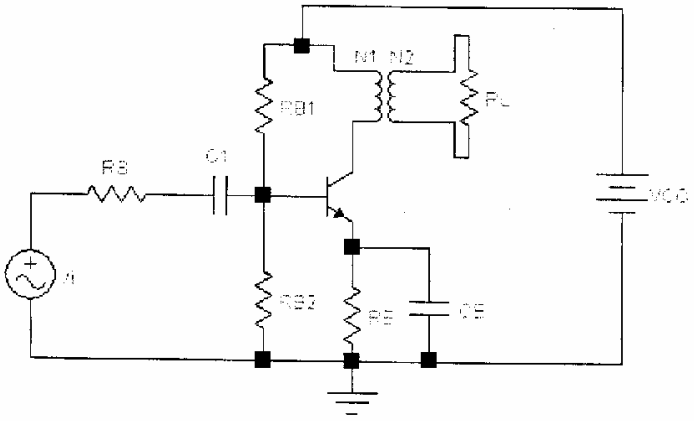
$$\eta = \frac{POac}{PIdc} \times 100$$

معادله ۳-۱

www.Ir-Micro.com وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

۲: تقویت کننده کلاس A با کوپلاژ ترانسفورماتوری

همان طور که می دانید در تقویت کننده کلاس A با کوپلاژ خازنی به دلیل پایین بودن راندمان از تقویت کننده کلاس A با کوپلاژ ترانسفورماتوری استفاده می شود. مداری که در شکل (۳-۲) مشاهده می کنید تقویت کننده کلاس A با کوپلاژ ترانسفورماتوری را نشان می دهد.



شکل (۳-۲)

مزایای تقویت کننده کلاس A با کوپلاژ ترانسفورماتوری

۱) راندمان بالاتر
۲) انتقال توان بیشتر

راندمان تقویت کننده کلاس A با کوپلاژ ترانسفورماتوری

راندمان عبارت است از توان AC منتقل شده به بار بر روی توان DC گرفته شده از منبع تغذیه
در این تقویت کننده با توجه به معادله (۳-۲) راندمان تقویت کننده کلاس A با کوپلاژ ترانسفورماتوری در حالت آیده آل ۵۰٪ خواهد بود ولی عملا به این مقدار نمی توان رسید.

$$\eta = \frac{PLac}{PIdc} \times 100$$

معادله ۳-۲

روابط ترانسفورماتور:

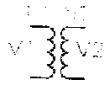
در تقویت کننده کلاس A بدون ترانسفورماتور برای انتقال حداکثر توان ممکن به بار ، لازم است مقاومت بار مناسب انتخاب گردد به عبارت دیگر تقویت کننده به بهینه وصل گردد و همواره ممکن است مقدار مقاومت بار با مقدار بهینه متفاوت باشد برای رفع این مشکل از روش تطبیق امپدانس استفاده می شود زیرا ترانس قادر است بین بار و تقویت کننده تطبیق امپدانس ایجاد کند.

www.Ir-Micro.com
وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

ترانسفورماتور دارای دو نوع افزاینده و کاهنده است اگر دور ثانویه آن نسبت به دور اولیه کمتر باشد ترانس از نوع کاهنده است ولی اگر دور ثانویه آن نسبت به دور اولیه بیشتر باشد از نوع افزاینده است.
ترانس ها دارای روابطی می باشند که در صفحه بعد به بررسی این روابط می پردازیم.

۱: انتقال ولتاژ

همان طور که در شکل (۳-۳) مشاهده می نمایید ترانس می تواند ولتاژ اعمال شده به یک طرف را مستقیما به نسبت دورهای سیم پیچ به صورت پله ای افزایش یا کاهش می دهد و انتقال ولتاژ از معادله (۳-۳) بدست می آید.



شکل (۳-۳)

$$\frac{N2}{N1}=\frac{V2}{V1}$$

معادله ۳-۳

۲: انتقال جریان

همان طور که در شکل (۳-۴) مشاهده می نمایید جریان در سیم پیچ ، به صورت معکوس با تعداد دورهای آن متناسب است و انتقال جریان از معادله (۳-۴) بدست می آید.

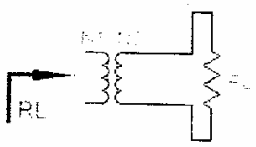
شکل (۳-۴)

$$\frac{N2}{N1}=\frac{I1}{I2}$$

معادله ۳-۴

۳: انتقال امپدانس

چون ولتاژ و جریان به وسیله یک ترانس قابل تغییرند ، امپدانسی که از هر طرف به نظر می رسد قابل تغییر است امپدانس RL با دو سر ثانویه متصل باشد این امپدانس به هنگام نظاره به `RL تغییر می کند از معادله (۳-۵) انتقال امپدانس به دست می آید.



شکل (۳-۵)

www.Ir-Micro.com
وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

$$\frac{RL}{RL`}=\frac{\frac{V2}{I2}}{\frac{I1}{I2}}\Rightarrow\frac{V2}{V1}\times\frac{I1}{I2}\Rightarrow\frac{RL}{RL`}=\left(\frac{N2}{N1}\right)^2$$

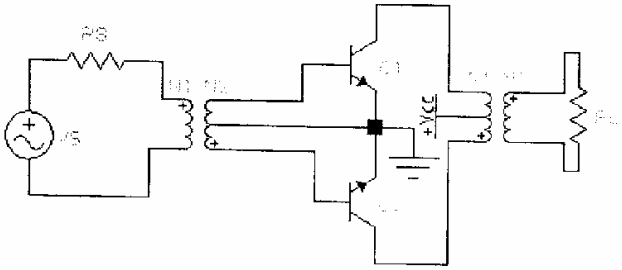
$$RL`=RL\times\left(\frac{N2}{N1}\right)^2$$

معادله ۳-۵

www.Ir-Micro.com وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

۳: تقویت کننده کلاس B با ترانسفورماتور

تقویت کننده ای که بتواند نیم سیکل موج ورودی را هدایت کند و در غیاب سیگنال AC جریان کلکتور صفر باشد تقویت کننده کلاس B نامیده می شود. و برای داشتن یک موج کامل در تقویت کننده از دو ترانزیستور استفاده می شود که یکی از ترانزیستورها در نیم سیکل مثبت و دیگری در نیم سیکل منفی هدایت می کند به این نوع تقویت کننده ها پوش پول نیز می گویند.
شکل (۳-۶) تقویت کننده پوش پول ترانسفورماتوری کلاس B را نشان می دهد.



شکل (۳-۶)

راندمان تقویت کننده کلاس B:

راندمان عبارت است از توان AC منتقل شده به بار بر روی توان DC گرفته شده از منبع تغذیه
در این تقویت کننده با توجه به معادله (۳-۶) راندمان تقویت کننده کلاس B در حالت آیده آل ۷۸/۵٪ خواهد بود ولی عملا به این مقدار نمی توان رسید.

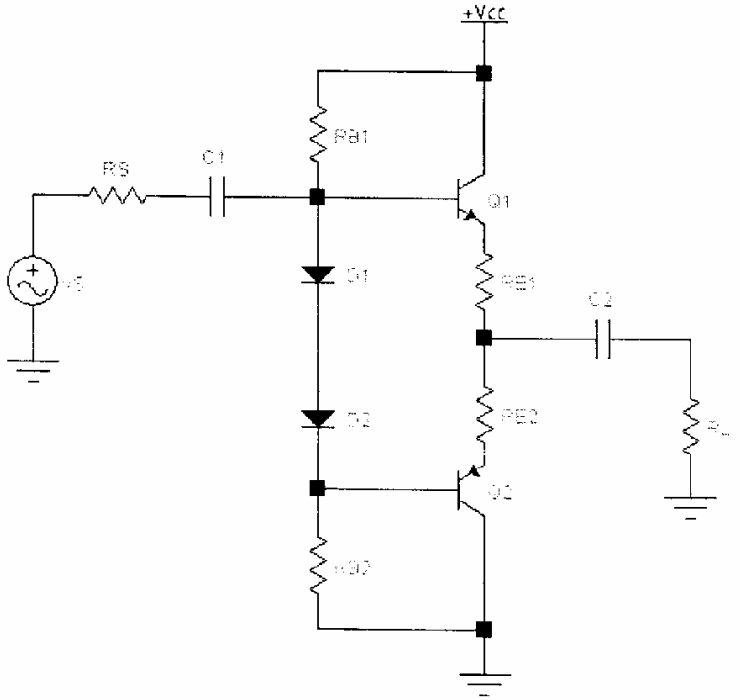
$$\eta = \frac{PLac}{Pldc} \times 100$$

معادله ۳-۶

www.Ir-Micro.com وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

۴: تقویت کننده کلاس AB بدون ترانسفورماتور

در تقویت کننده کلاس B در حالت عادی ولتاژ DC روی پایه بیس برابر با صفر است با ظاهر شدن سیگنال ورودی هدایت ترانزیستور بلافاصله شروع نمی شود لذا در خروجی سیگنال آن اعوجاج تقاطعی پیش می آید برای برطرف کردن این عیب از تقویت کننده کلاس AB استفاده می نمایم. در شکل (۳-۷) تقویت کننده کلاس AB نشان داده شده است. در این تقویت کننده ترانزیستور ها را طوری بایاس می کنند که در آستانه هدایت باشد.



شکل (۳-۷)

عیب تقویت کننده کلاس AB بدون ترانسفورماتور شکل [۳-۷]

این مدار دارای عیبی است که با بکارگیری دو دیود سری بین بیس های دو ترانزیستور ممکن است ولتاژ دو سر دیود به قدری زیاد باشد که هر دو ترانزیستور روشن شود در این صورت بازده مدار شدیدا کاهش می یابد. زیرا در حالت بدون سیگنال ترانزیستورها هدایت کرده و توان تلفاتی Pdc زیاد می شود.

www.Ir-Micro.com
وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

راندمان تقویت کننده کلاس AB

راندمان عبارت است از توان AC منتقل شده به بار بر روی توان DC گرفته شده از منبع تغذیه
در این تقویت کننده با توجه به معادله (۳-۷) راندمان تقویت کننده کلاس AB در حالت آیده آل ۷۸/۵ ٪ خواهد بود ولی عملا به این مقدار نمی توان رسید.

$$\eta = \frac{PLac}{PIdc} \times 100$$

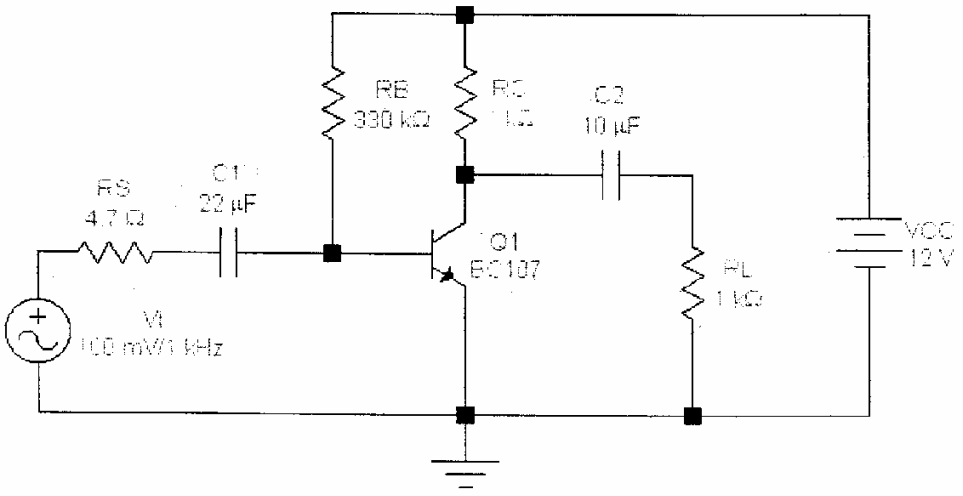
معادله۳-۷

مقاومت ورودی مدار :

$$Ri = RB1 \| (1+\beta) \times (RE1 + RL) \| (2rd + RB2)$$

www.Ir-Micro.com وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

۱: مدار مقابل را ببندید.



۲: وظایف هر یک از المان ها را نام ببرید؟

۳: مقادیر نقطه کار(IB وICC و IC و VCE) را محاسبه نمایید؟

۴: مقادیر نقطه کار مدار را توسط مولتی متر DC اندازه گیری نموده و با مقدار تئوری مرحله ۳ مقایسه کنید در صورت اختلاف علت را بررسی کنید؟ مدار در چه کلاسی کار می کند؟ چرا؟

۵: شکل موج ورودی و خروجی را مشاهده و زیر هم رسم نمایید؟

۶: جریان ورودی و خروجی را با توجه به روابط $Ii_e = \frac{Vrs_e}{Rs}$ و $IL_e = \frac{VL_e}{RL}$ را بدست آورید؟

www.Ir-Micro.com　　وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

۷: مقاومت ورودی را با توجه به رابطه $Ri = \frac{Vi}{Ii}$ را بدست آورید؟

۸: برای محاسبه مقاومت خروجی عملی مدار یکبار ولتاژ خروجی را در حالت بدون بار (Voo) و بار دیگر با اتصال RL (Vol) اندازه گیری نموده سپس از طریق رابطه $Ro = \frac{(Voo - Vol) \times RL}{Vol}$ مقاومت خروجی را بدست آورید؟

۹: با توجه به رابطه $Pdc = ICC \times VCC$ توان کل مصرفی را بدست آورید؟ به این توان چه گویند؟

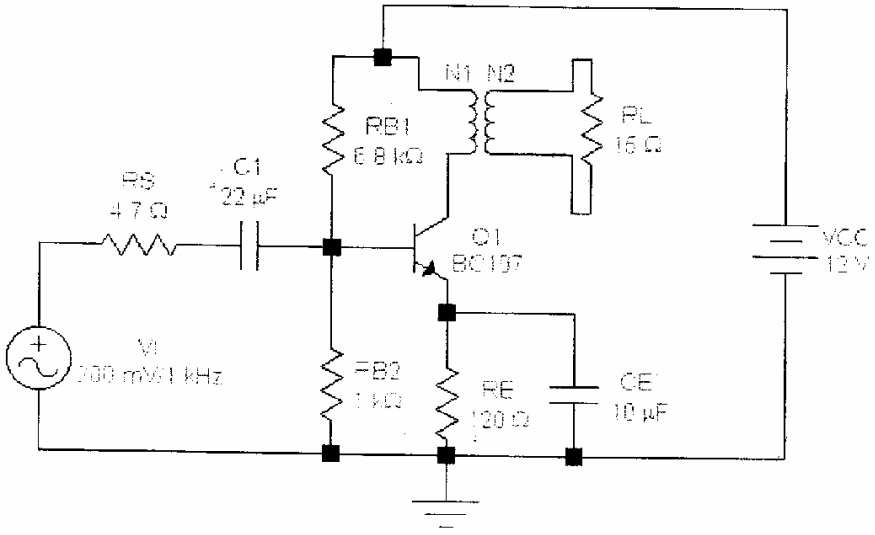
۱۰ : با توجه به رابطه $PL_eac = IL_e \times VL_e$ توان دو سر بار را بدست آورید؟

۱۱: راندمان عملی مدار را با توجه به رابطه $\eta = \frac{PL_eac}{Pdc} \times 100$ محاسبه و با مقدار تئوری مقایسه کنید؟ در صورت اختلاف علت را بررسی کنید؟

۱۲: چگونه می توان راندمان را افزایش داد؟

www.Ir-Micro.com وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

۱: مدار مقابل را ببندید.



۲: وظایف هر یک از المان ها را نام ببرید؟

۳: مقادیر نقطه کار (IB وICC و IC و VCE) را محاسبه نمایید؟

۴: مقادیر نقطه کار مدار را توسط مولتی متر DC اندازه گیری نموده و با مقدار تئوری مرحله ۳ مقایسه کنید در صورت اختلاف علت را بررسی کنید؟ مدار در چه کلاسی کار می کند؟ چرا؟

۵: شکل موج ورودی و خروجی را مشاهده و زیر هم رسم نمایید؟

۶: شکل موج Vrse را مشاهده و رسم نمایید.

www.Ir-Micro.com وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

۷: جریان ورودی و خروجی را با توجه به روابط $Ii_e = \frac{Vrs_e}{Rs}$ و $IL_e = \frac{VL_e}{RL}$ بدست آورید؟

۸: مقاومت ورودی را با توجه به رابطه $Ri = \frac{Vi}{Ii}$ را بدست آورید؟

۹: چگونه می توان به صورت تئوری RO را بدست آورد؟

۱۰: مقدار عملی RO را با توجه به رابطه $Ro = \frac{Vol}{IL}$ بدست آورید؟

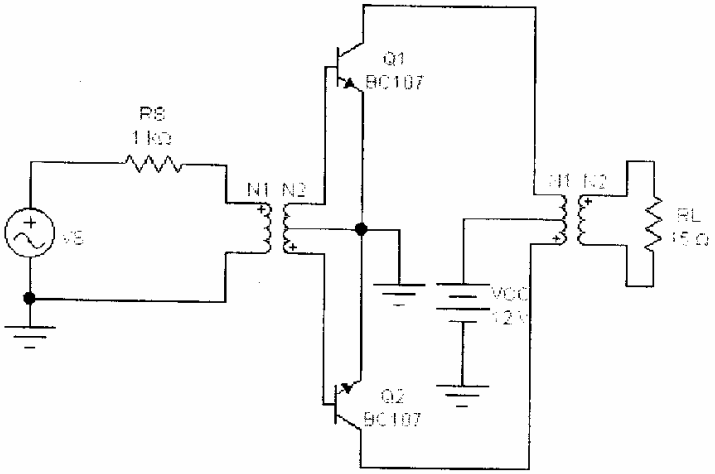
۱۱: با توجه به رابطه $Pdc = ICC \times VCC$ توان کل مصرفی را بدست آورید؟ به این توان چه گویند؟

۱۲ : با توجه به رابطه $PL_eac = IL_e \times VL_e$ توان دو سر بار را بدست آورید؟

۱۳: $\eta = \frac{PL_eac}{Pdc} \times 100$ راندمان عملی مدار را محاسبه نمایید؟

www.Ir-Micro.com وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

۱: مدار مقابل را ببندید.



۲: وظایف هر یک از المان ها را نام ببرید؟

۳: مقادیر نقطه کار مدار را محاسبه نمایید؟

۴: یک سیگنال با فرکانس 1 K به ورودی اعمال و دامنه آن را طوری تغییر دهید تا در خروجی شکل موج داشته باشیم.

۵: شکل موج ورودی و خروجی را مشاهده و زیر هم رسم نمایید؟

۶: شکل موج Vrse را مشاهده و رسم نمایید؟

۷: جریان ورودی و خروجی را با توجه به روابط $Ii_e = \frac{Vrs_e}{Rs}$ و $IL_e = \frac{VL_e}{RL}$ **را بدست آورید؟**

www.Ir-Micro.com
وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

۸: مقاومت ورودی را با توجه به رابطه $Ri = \frac{Vi}{Ii}$ را بدست آورید؟

۹: مقادیر ICC و VCC را اندازه گیری نمایید؟

۱۰: با توجه به رابطه $Pdc = ICC \times VCC$ توان کل مصرفی را بدست آورید؟ به این توان چه گویند؟

۱۱ : با توجه به رابطه $PL_eac = IL_e \times VL_e$ توان دو سر بار را بدست آورید؟

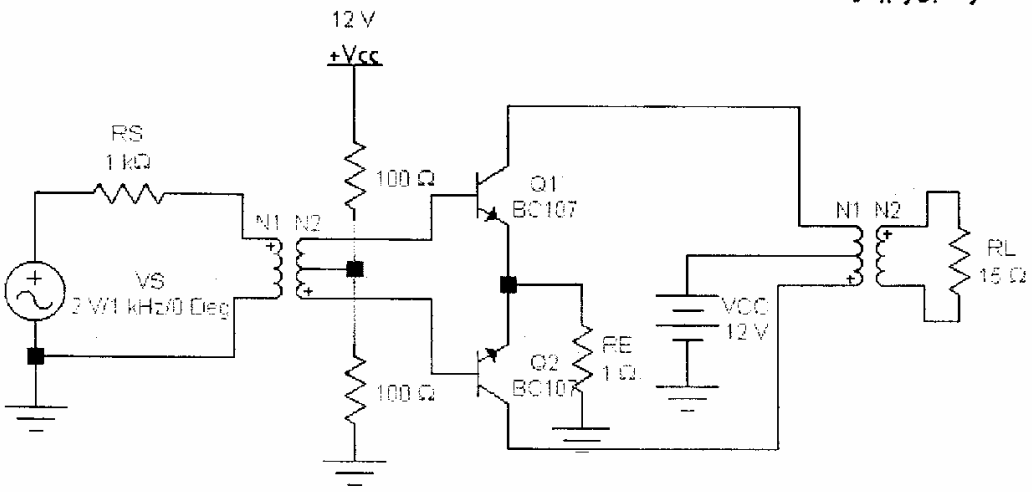
۱۲: با توجه به رابطه $\eta = \frac{PL_eac}{Pdc} \times 100$ راندمان عملی مدار را محاسبه کنید؟

۱۳: چگونه می توان راندمان را افزایش داد؟

۱۴: اعوجاج تقاطعی چیست و چه عیبی ایجاد می کند چگونه می توان آن را کاهش یا حذف کرد؟

www.Ir-Micro.com وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

۱: مدار مقابل را ببندید.



۲: وظایف هر یک از المان ها را نام ببرید؟

۳: مقادیر VB1 ، VB2 ، VC1 ، VC2 و VE را به صورت تئوری بدست آورید؟

۴: مقادیر VB1 ، VB2 ، VC1 ، VC2 و VE را به کمک ولت متر DC اندازه گیری نموده و با مقدار تئوری مقایسه کنید؟ در صورت اختلاف علت را بررسی کنید؟

۵: مقدار مقاومت ورودی را به صورت تئوری بدست آورید؟

۶: شکل موج ورودی و خروجی را مشاهده و زیر هم رسم نمایید؟ آیا در شکل موج خروجی اعوجاج تقاطعی مشاهده می نمایید؟ چرا؟

۷: شکل موج Vrse را مشاهده و رسم نمایید.

www.Ir-Micro.com وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

۸: جریان ورودی مدار را از طریق رابطه $Ii_e = \frac{Vrs_e}{Rs}$ را بدست آورید؟

۹: مقاومت ورودی را با توجه به رابطه $Ri = \frac{Vi}{Ii}$ را بدست آورید؟ وبا مقدار تئوری مقایسه کنید؟ در صورت اختلاف علت را بررسی کنید؟

۱۰: مقادیر ICC و VCC را اندازه گیری نمایید؟

۱۱: با توجه به رابطه $Pdc = ICC \times VCC$ توان کل مصرفی را بدست آورید؟

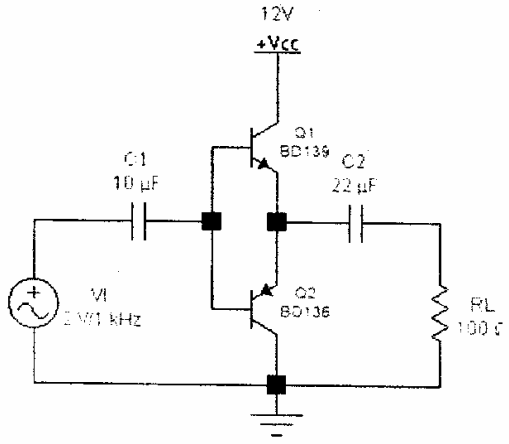
۱۲: به این توان چه گویند؟

۱۳: با توجه به رابطه $PL_eac = IL_e \times VL_e$ توان دو سر بار را بدست آورید؟

۱۴: راندمان مدار را از طریق رابطه $\eta = \frac{PL_eac}{Pdc} \times 100$ را محاسبه کنید؟

www.Ir-Micro.com وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

۱: مدار مقابل را ببندید.



۲: وظایف هر یک از المان ها را بگویید؟

۳: ولتاژ دو سر خازن C2 را اندازه گیری کنید؟ آیا با مقدار تئوری VCC / 2 سازگاری دارد؟ اگر تفاوت دارد علت را بررسی کنید؟

۴: بهره ولتاژ تئوری مدار را بدست آورید؟

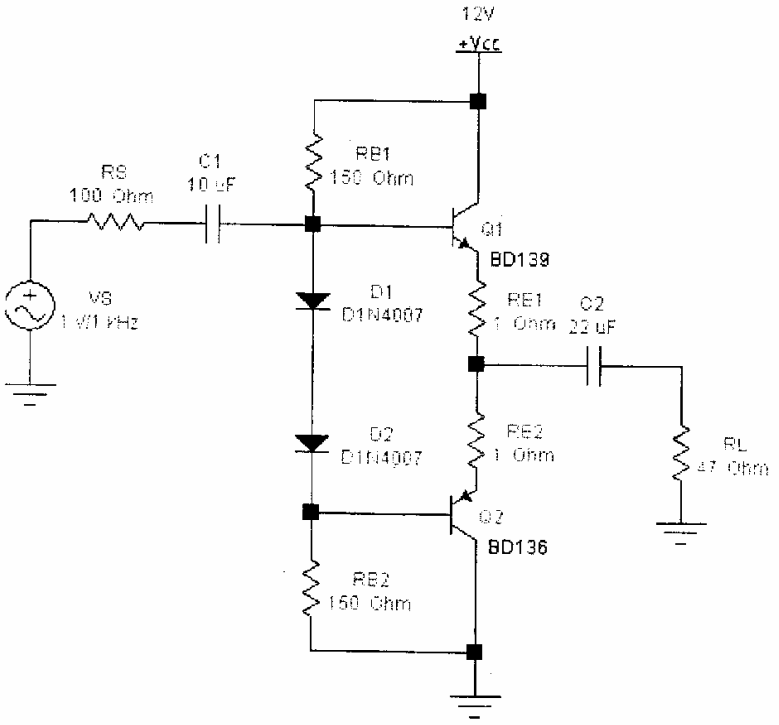
۵: شکل موج ورودی و خروجی را مشاهده و زیر هم رسم نمایید؟

۶: با توجه به شکل موج بدست آمده بهره ولتاژ عملی مدار را بدست آورید؟ و با مقدار تئوری مرحله ۴ مقایسه کنید در صورت اختلاف علت را بررسی کنید؟

۷: اعوجاج تقاطعی چیست و چه عیبی ایجاد می کند چگونه می توان آن را کاهش یا حذف کرد؟

www.Ir-Micro.com
وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

۱: مدار مقابل را ببندید.



۲: وظایف هر یک از المان ها را نام ببرید؟

۳: مقادیر VB1 ، VB2 ، VE1 ، VE2 و VC2 را به صورت تئوری بدست آورید؟

۴: مقادیر VB1 ، VB2 ، VE1 ، VE2 و VC2 را به کمک ولت متر DC اندازه گیری نموده و با مقدار تئوری مقایسه کنید؟ در صورت اختلاف علت را بررسی کنید؟

۵: بهره ولتاژ تئوری مدار را بدست آورید؟

www.Ir-Micro.com
وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

۶: شکل موج ورودی و خروجی را مشاهده و زیر هم رسم نمایید؟ آیا در شکل موج خروجی اعوجاج تقاطعی مشاهده می نمایید؟

۷: با توجه به مرحله ۶ بهره ولتاژ عملی مدار را بدست آورید؟ در صورت اختلاف علت را بررسی نمایید؟

۸: مقاومت ورودی تئوری مدار را به صورت تقریبی از رابطه زیر بدست آورید؟

$$Ri = RB1 \| (1+\beta) \times (RE1 + RL) \| (2rd + RB2)$$

۹: جریان ورودی و خروجی را با توجه به روابط $Ii_e = \frac{Vrs_e}{Rs}$ و $IL_e = \frac{VL_e}{RL}$ را بدست آورید؟

۱۰: با داشتن جریان ورودی مقاومت ورودی مدار را از طریق رابطه $Ri = \frac{Vi}{Ii}$ محاسبه و با مقدار تئوری مقایسه کنید؟

۱۰: مقادیر ICC و VCCرا اندازه گیری نمایید؟

۱۱: با توجه به رابطه $Pdc = ICC \times VCC$ توان کل مصرفی را بدست آورید؟

۱۲ : با توجه به رابطه $PL_eac = IL_e \times VL_e$ توان دو سر بار را بدست آورید؟

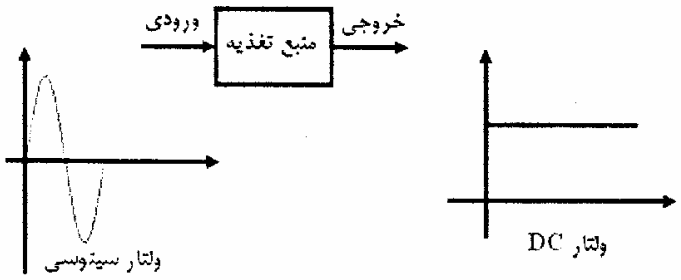
۱۳: راندمان تقویت کننده را از طریق رابطه $\eta = \frac{PL_eac}{Pdc} \times 100$ ا محاسبه نمایید؟

۱۴: راندمان بدست آمده با مقدار تئوری (۷۸/۵ ٪) مقایسه و در صورت اختلاف علت را بررسی کنید؟

www.Ir-Micro.com وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

منابع تغذیه

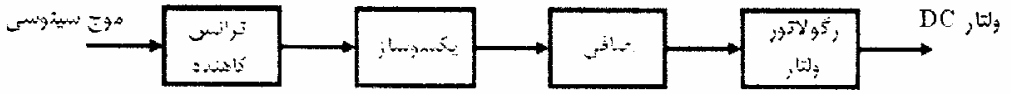
منبع تغذیه مداری است که اگر به ورودی آن یک ولتاژ سینوسی اعمال نمایم در خروجی یک ولتاژ DC صاف دریافت می کنیم در شکل (۴-۱) بلوک دیاگرام و شکل موج ورودی و خروجی یک منبع تغذیه را مشاهده می نمایید.



شکل (۱-۴)

کاربرد منابع تغذیه:

کلیه دستگاهها و مدارهای الکترونیک که با ولتاژ DC کار می کنند، وجود یک منبع تغذیه که ولتاژ DC مورد نیاز را از برق شهر تولید می کند الزامی است.



وظیفه هر یک از اجزا تشکیل دهنده منبع تغذیه به شرح زیر است.

۱: ترانسفورماتور

از ترانسفورماتور جهت کاهش دامنه برق شهر استفاده می شود.

۲: یکسوساز

یکسو ساز ها مداراتی هستند که ولتاژ متناوب AC را به ولتاژ DC تبدیل می کنند به طور کلی سه نوع یکسو کننده داریم.

۱) یکسو کننده نیم موج
۲) یکسو کننده تمام موج با سر وسط
۳) یکسو کننده تمام موج پل

www.Ir-Micro.com
وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

۳: صافی

همان طور که شکل موج خروجی یکسوساز را مشاهده می نمایید در بعضی مواقع ولتاژ به صفر می رسد باعث آسیب رساندن به دستگاه الکترونیکی می شود که به آن ریپل می گویند. برای برطرف کردن ریپل از مدارات صافی استفاده می کنند.

صافی ها به دو دسته تقسیم می گردد:

۱) خازنی
۲) سلفی

۴: رگولاتور

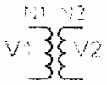
همان طور که در شکل موج خروجی، صافی مشاهده می شود شکل موج دارای تغییرات AC یا موجک است برای اینکه ولتاژ ثابت و کاملا صاف داشته باشیم از رگولاتورها استفاده می نماییم. رگولاتورها و یا تثبیت کننده ها مدارهایی هستند که نوسان یاریپل ولتاژ DC را کاملا حذف می نماید.

ترانسفورماتور:

ترانسفورماتور دارای دو نوع افزاینده و کاهنده است اگر دور ثانویه آن نسبت به دور اولیه کمتر باشد ترانس از نوع کاهنده است ولی اگر دور ثانویه آن نسبت به دور اولیه بیشتر باشد از نوع افزاینده است.

۱: انتقال ولتاژ

همان طور که در شکل (۴-۳) مشاهده می نمایید ترانس می تواند ولتاژ اعمال شده به یک طرف را مستقیما به نسبت دورهای سیم پیچ به صورت پله ای افزایش یا کاهش دهد ، انتقال ولتاژ از معادله (۴-۱) بدست می آید.



شکل (۴-۳)

$$\frac{N2}{N1} = \frac{V2}{V1}$$

معادله ۴-۱

۲: انتقال جریان

همان طور که در شکل (۴-۴) مشاهده می نمایید جریان در سیم پیچ ، به صورت معکوس با تعداد دورهای آن متناسب است و انتقال جریان از معادله (۴-۲) بدست می آید.

www.Ir-Micro.com وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

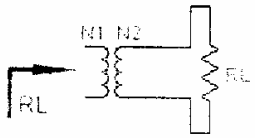
شکل (۴-۴)

$$\frac{N2}{N1}=\frac{I1}{I2}$$

معادله ۴-۲

۳: انتقال امپدانس

چون ولتاژ و جریان به وسیله یک ترانس قابل تغییرند ، امپدانسی که از هر طرف به نظر می رسد قابل تغییر است امپدانس RL با دو سر ثانویه متصل باشد این امپدانس به هنگام نظاره به RL` تغییر می کند از معادله (۴-۳) انتقال امپدانس به دست می آید.



شکل (۴-۵)

$$\frac{RL}{RL`}=\frac{\frac{V2}{I2}}{\frac{I1}{I2}}\Rightarrow\frac{V2}{V1}\times\frac{I1}{I2}\Rightarrow\frac{RL}{RL`}=\left(\frac{N2}{N1}\right)^2$$

$$RL`=RL\times\left(\frac{N2}{N1}\right)^2$$

معادله ۴-۳

یکسو ساز:

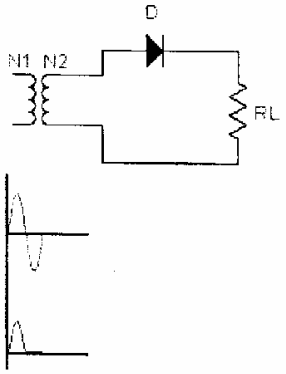
یکسو کننده ها بر سه نوع است:

۱) یکسو کننده نیم موج
۲) یکسو کننده تمام موج با سر وسط
۳) یکسو کننده تمام موج پل

www.Ir-Micro.com وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

۱: یکسو کننده نیم موج

در شکل (۴-۶) یکسو کننده نیم موج و شکل موج های ورودی و خروجی را مشاهده می نمایید.



شکل (۴-۶)

محاسبه ولتاژ متوسط و ولتاژ موثر یکسو کننده نیم موج :

برای بدست آوردن ولتاژ متوسط از معادله (۴-۴) استفاده می نماییم.

$$VDC = \frac{1}{T}\int_0^T V\theta d\theta$$

معادله (۴-۴)

$$VDC = \frac{1}{2\pi}\int_0^{\pi} VM\sin\theta d\theta + \int_{\pi}^{2\pi} 0 d\theta \Rightarrow$$

- VM عدد ثابت بوده و از انتگرال خارج می شود.

$$VDC = \frac{VM}{2\pi}\int_0^{\pi}\sin\theta d\theta \Rightarrow$$

$$VDC = \frac{VM}{2\pi}[-\cos\theta]_0^{\pi} \Rightarrow$$

$$VDC = \frac{VM}{2\pi}[-\cos\pi - (-\cos 0)] \Rightarrow$$

$$VDC = \frac{VM}{\pi}$$

معادله ۴-۵

www.Ir-Micro.com وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

برای بدست آوردن ولتاژ موثر از معادله (۴-۶) استفاده می نماییم.

$$Ve = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T V^2\theta d\theta}$$

معادله ۴-۶

$$Ve = \sqrt{\frac{1}{2\pi}\int_0^{\pi} VM^2 \sin^2 d\theta + \int_{\pi}^{2\pi}\theta d\theta} \Rightarrow$$

- ضابطه دوم مقدارش صفر است.

$$Ve = \sqrt{\frac{VM^2}{2\pi}\int_0^{\pi}\sin^2\theta d\theta} \Rightarrow$$

$$Ve = \sqrt{\frac{VM^2}{2\pi}\left[\frac{1}{2}\theta + \frac{1}{4}\sin 2\theta\right]_0^{\pi}} \Rightarrow$$

$$Ve = \sqrt{\frac{VM^2}{2\pi}\left[\frac{1}{2}\times\pi + \frac{1}{4}\sin 2\pi - \frac{1}{2}\times 0 + \frac{1}{4}\sin 2\times 0\right]} \Rightarrow$$

$$Ve = \frac{VM}{2}$$

معادله ۴-۷

ولتاژ معکوس مجاز دوسر دیود و فرکانس خروجی یکسو کننده نیم موج:

$$PIV = VM$$

معادله ۴-۸

PIV = ولتاژ معکوس مجاز دو سر دیود

$$FO = Fi$$

معادله ۴-۹

راندمان یکسو کننده نیم موج:

$$\eta = \frac{Pdc}{Pin}\times 100$$

$$Pdc = VDC\times IL \Rightarrow Pdc = VDC\times\frac{VDC}{RL} \Rightarrow$$

$$Pdc = \frac{VDC^2}{RL}$$

معادله ۴-۱۰

www.Ir-Micro.com وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

$$Pin = Ve \times Ie \Rightarrow Ve \times \frac{Ve}{RL + rd} \Rightarrow$$

- مقدار rd کوچک است.

$$Pin = \frac{Ve^2}{RL}$$

معادله ۴-۱۱

$$\eta = \frac{Pdc}{Pin} \times 100 \Rightarrow \frac{\frac{Vdc^2}{RL}}{\frac{Ve^2}{RL}} \times 100 \Rightarrow \left(\frac{Vdc}{Ve}\right)^2 \times 100 \Rightarrow \left(\frac{\frac{Vm}{\pi}}{\frac{vm}{2}}\right)^2 \times 100 \Rightarrow \left(\frac{2}{\pi}\right)^2 \times 100$$

$$\eta = \left(\frac{2}{\pi}\right)^2 \times 100$$

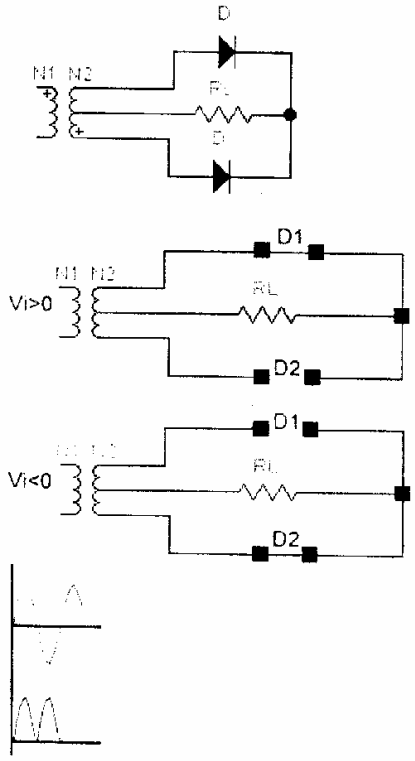
معادله ۴-۱۲

با حل معادله (۴-۱۲) راندمان یکسو کننده ۴۰/۶ ٪ می شود.

www.Ir-Micro.com وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

۲: یکسو کننده تمام موج با سر وسط

در شکل (۴-۷) یکسو کننده تمام موج با سر وسط و شکل موج های ورودی و خروجی را مشاهده می نمایید.



شکل (۴-۷)

در نیم سیکل مثبت دیود D1 روشن و D2 خاموش
در نیم سیکل منفی دیود D1 خاموش و D2 روشن

محاسبه ولتاژ متوسط و ولتاژ موثر یکسو کننده تمام موج با سر وسط :

برای بدست آوردن ولتاژ متوسط از معادله (۴-۱۳) استفاده می نماییم.

$$VDC = \frac{1}{T}\int_0^T V\theta d\theta$$

معادله ۴-۱۳

$$VDC = \frac{1}{\pi}\int_0^\pi VM\sin\theta d\theta \Rightarrow$$

www.Ir-Micro.com وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

- VM عدد ثابت بوده و از انتگرال خارج می شود.

$$VDC = \frac{VM}{\pi}\int_0^{\pi}\sin\theta d\theta \Rightarrow$$

$$VDC = \frac{VM}{\pi}[-\cos\theta]_0^{\pi} \Rightarrow$$

$$VDC = \frac{VM}{\pi}[-\cos\pi - (-\cos 0)] \Rightarrow$$

$$VDC = \frac{2VM}{\pi}$$

معادله ۴-۱۴

برای بدست آوردن ولتاژ موثر از معادله (۴-۱۵) استفاده می نمایم.

$$Ve = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^{T} V^2\theta d\theta}$$

معادله ۴-۱۵

$$Ve = \sqrt{\frac{1}{2\pi}\int_0^{\pi} VM^2\sin^2\theta d\theta} \Rightarrow$$

$$Ve = \sqrt{\frac{VM^2}{2\pi}\int_0^{\pi}\sin^2\theta d\theta} \Rightarrow$$

$$Ve = \sqrt{\frac{VM^2}{2\pi}\left[\frac{1}{2}\theta + \frac{1}{4}\sin 2\theta\right]_0^{\pi}} \Rightarrow$$

$$Ve = \sqrt{\frac{VM^2}{2\pi}\left[\frac{1}{2}\times\pi + \frac{1}{4}\sin 2\pi - \left(\frac{1}{2}\times 0 + \frac{1}{4}\mathrm{Sin}0\right)\right]} \Rightarrow$$

$$Ve = \frac{VM}{\sqrt{2}}$$

معادله ۴-۱۶

www.Ir-Micro.com وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

راندمان یکسو کننده تمام موج با سر وسط:

$$\eta = \frac{Pdc}{Pin} \times 100$$

$$Pdc = VDC \times IL \Rightarrow Pdc = VDC \times \frac{VDC}{RL} \Rightarrow$$

$$Pdc = \frac{VDC^2}{RL} \Rightarrow \frac{\left(\frac{2Vm}{\pi}\right)^2}{RL}$$

معادله ۴-۱۷

$$Pe = Ve \times Ie \Rightarrow Ve \times \frac{Ve}{RL + rd} \Rightarrow$$

- مقدار rd کوچک است.

$$Pe = \frac{Ve^2}{RL} \Rightarrow \frac{\left(\frac{Vm}{\sqrt{2}}\right)^2}{RL}$$

معادله ۴-۱۸

$$\eta = \left(\frac{\frac{Vdc}{RL}}{\frac{Ve}{RL}}\right)^2 \Rightarrow \eta = \left(\frac{Vdc}{Ve}\right)^2 \times 100 \Rightarrow \left[\frac{\left(\frac{2Vm}{\pi}\right)}{\frac{Vm}{\sqrt{2}}}\right]^2 \times 100 \Rightarrow \frac{\frac{4Vm^2}{\pi^2}}{\frac{Vm^2}{2}} \times 100 \Rightarrow \frac{8}{\pi^2} \times 100$$

$$\eta = \frac{8}{\pi^2} \times 100$$

معادله ۴-۱۹

با حل معادله (۴-۱۹) راندمان یکسو کننده۸۱/۲ ٪ می شود.

ولتاژ معکوس دو سر هر دیود و فرکانس خروجی یکسو کننده تمام موج با ترانس سر وسط :

$$PIV = 2 \times VM$$

معادله ۴-۲۰

PIV = ولتاژ معکوس مجاز دو سر هر دیود

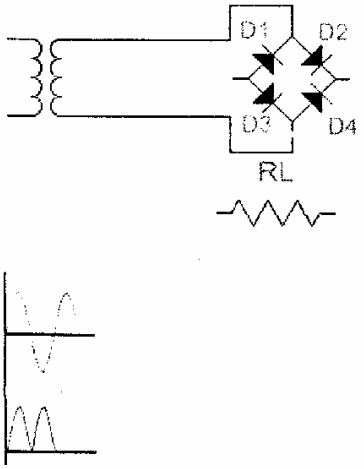
$$FO = 2 \times Fi$$

معادله۴-۲۱

www.Ir-Micro.com وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

✦ ۳: یکسو کننده تمام موج پل

در شکل (۴-۸) مدار یکسو کننده تمام موج پل و شکل موج های ورودی و خروجی را مشاهده می نماید .
در نیم سیکل مثبت D2 و D3 روشن و D1 و D4 خاموش
در نیم سیکل منفی D2 و D3 خاموش و D1 و D4 روشن



شکل (۴-۸)

روابط ولتاژ متوسط ، ولتاژ موثر و راندمان یکسو کننده پل همانند یکسو کننده تمام موج با ترانس سر وسط می باشد.

ولتاژ معکوس مجاز دو سر هر دیود و فرکانس خروجی در پل:

$$PIV = VM$$

معادله ۴-۲۲

PIV = ولتاژ معکوس مجاز دو سر هر دیود

$$FO = 2 \times FI$$

معادله ۴-۲۳

www.Ir-Micro.com وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

صافی ها:

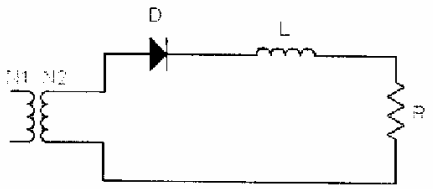
صافی ها به دو دسته تقسیم می شوند.

۱) سلفی

۲) خازنی

۱: سلفی

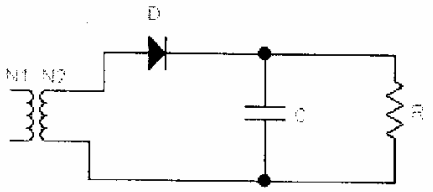
از این صافی بیشتر در جریان های بالا استفاده می شود. به دلیل بالا بودن قیمت و حجم آن کمترمورد استفاده قرار می گیرد. صافی سلفی در مدارات به صورت سری با قرار می گیرد. در شکل (۴-۹) صافی به صورت سلفی را مشاهده می نماید



شکل (۴-۹)

۲: خازنی

بیشترین کاربرد را در منابع تغذیه دارد زیرا ارزان و کم حجم می باشد صافی خازنی در جریان های پایین استفاده می شود و به طور موازی در خروجی قرار می گیرد. در شکل (۴-۱۰) صافی خازنی را مشاهده می نمایید.



شکل (۴-۱۰)

محاسبه ظرفیت خازنی

در نیم موج:

$$C = \frac{Idc}{Fi \times Vrp - p}$$

معادله۴-۲۴

www.Ir-Micro.com وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

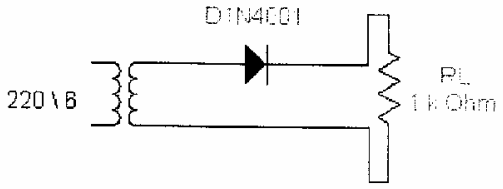
در تمام موج با ترانس سر وسط و تمام موج پل

$$C = \frac{Idc}{2Fi \times Vrp_p}$$

معادله ۴-۲۵

www.Ir-Micro.com وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

۱: مدار مقابل را ببندید.



۲: ولتاژ موثر ترانس را توسط ولت متر DC اندازه گیری کنید؟

۳: مقدار VM را توسط رابطه $VM = \sqrt{2} \times Ve$ به دست آورید؟

۴: با توجه به رابطه $Vav = \frac{VM}{\pi}$ مقدار DC خروجی را بدست آورید؟

۵: مقدار DC خروجی را توسط ولت متر DC اندازه گیری کنید و سپس آن را با مقدار تئوری بدست آمده مرحله ۴ مقایسه کنید در صورت اختلاف علت را بررسی کنید؟

۶: شکل موج ورودی و خروجی دیود را مشاهده و رسم نمایید؟ و دامنه و فرکانس ورودی و خروجی را بدست آورید؟

۷: یک خازن $10\mu F$ به خروجی متصل و شکل موج های ورودی و خروجی را مشاهده نمایید؟

۸: یک خازن $1000\mu F$ به خروجی متصل و شکل موج های ورودی و خروجی را مشاهده نمایید؟

۹: دامنه ریپل دو مرحله ۷ و ۸ چقدر است؟

www.Ir-Micro.com
وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

۱۰: ظرفیت خازن چه تاثیری بر روی ریپل خروجی دارد؟

۱۱: یکبار RL = 1 K و بار دیگر RL = 100K انتخاب با مشاهده ریپل خروجی را مشاهده و رسم کنید؟ (C =10μF)

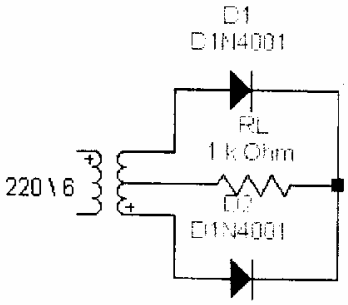
۱۲: نقش تغییر بار در میزان ریپل خروجی را بررسی کنید؟

۱۳: جهت دیود را عوض کرده کنید سپس شکل موج ورودی و خروجی را مشاهده و زیر هم رسم کنید؟ چه تغییری در شکل موج خروجی بوجود آمده است؟

۱۴: ولتاژ DC خروجی را توسط ولت متر DC اندازه گیری نموده و تغییرات ایجاد شده نسبت به DC حالت قبل را بررسی کنید؟

www.Ir-Micro.com وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

۱: مدار مقابل را ببندید.



۲: ولتاژ موثر ترانس را توسط ولت متر AC اندازه گیری کنید؟ (سر وسط با یکی از کناری ها)

۳: مقدار VM را توسط رابطه $VM = \sqrt{2} \times Ve$ به دست آورید؟

۴: با توجه به رابطه $Vav = \frac{2VM}{\pi}$ مقدار DC خروجی را بدست آورید؟ Vav =2 VM \ π

۵: مقدار DC خروجی را توسط ولت متر DC اندازه گیری کنید و سپس آن را با مقدار تئوری بدست آمده مرحله ۴ مقایسه کنید در صورت اختلاف علت را بررسی کنید؟

۶: شکل موج ورودی و خروجی دیود را مشاهده و زیر هم رسم نمایید؟ و دامنه و فرکانس ورودی و خروجی را بدست آورید؟

۷: یک خازن 10μF به خروجی متصل و شکل موج های ورودی و خروجی را مشاهده و زیر هم رسم نمایید؟

۸: یک خازن 1000μF به خروجی متصل و شکل موج های ورودی و خروجی را مشاهده و زیر هم رسم نمایید؟

www.Ir-Micro.com
وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

۹: دامنه ریپل دو مرحله ۷ و ۸ چقدر است؟

۱۰: ظرفیت خازن چه تاثیری بر روی ریپل خروجی دارد؟

۱۱: یکبار RL = 1 K و بار دیگر RL = 100K انتخاب با مشاهده ریپل خروجی را مشاهده و رسم کنید؟ (C =10μF)

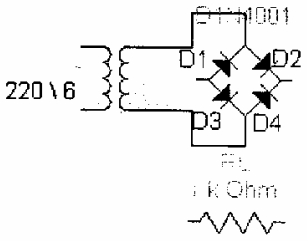
۱۲: نقش تغییر بار در میزان ریپل خروجی را بررسی نمایید؟

۱۳:مقدار DC خروجی را توسط ولت متر DC اندازه گیری نموده و تغییرات ایجاد شده نسبت به DC حالت قبل را بررسی کنید؟

۱۴: ولتاژ DC خروجی را توسط ولت متر DC اندازه گیری نموده و تغییرات ایجاد شده نسبت به DC حالت قبل را بررسی کنید؟

www.Ir-Micro.com وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

۱: مدار مقابل را ببندید.



۲: ولتاژ موثر ترانس را توسط ولت متر DC اندازه گیری کنید؟

۳: مقدار VM را توسط رابطه $VM = \sqrt{2} \times Ve$ به دست آورید؟

۴: با توجه به رابطه $Vav = \frac{2VM}{\pi}$ مقدار DC خروجی را بدست آورید؟

۵: مقدار DC خروجی را توسط ولت متر DC اندازه گیری کنید و سپس آن را با مقدار تئوری بدست آمده مرحله ۴ مقایسه کنید در صورت اختلاف علت را بررسی کنید؟

۶: شکل موج ورودی و خروجی دیود را مشاهده و زیر هم رسم نمایید؟ و دامنه و فرکانس ورودی و خروجی را بدست آورید؟

۷: یک خازن $10\mu F$ به خروجی متصل و شکل موج های ورودی و خروجی را مشاهده و زیر هم رسم نمایید؟

۸: یک خازن $1000\mu F$ به خروجی متصل و شکل موج های ورودی و خروجی را مشاهده و زیر هم رسم نمایید؟

۹: دامنه ریپل دو مرحله ۷ و ۸ چقدر است؟

www.Ir-Micro.com
وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

۱۰: ظرفیت خازن چه تاثیری بر روی ریپل خروجی دارد؟

۱۱: یکبار RL = 1 K و بار دیگر RL = 100K انتخاب با مشاهده ریپل خروجی را مشاهده و رسم کنید؟ (C =10µF)

۱۲: نقش تغییر بار در میزان ریپل خروجی را بررسی نمایید؟

۱۳: مقدار DC خروجی را توسط ولت متر DC اندازه گیری نموده و تغییرات ایجاد شده نسبت به DC حالت قبل را بررسی کنید؟

۱۴: ولتاژ DC خروجی را توسط ولت متر DC اندازه گیری نموده و تغییرات ایجاد شده نسبت به DC حالت قبل را بررسی کنید؟

www.Ir-Micro.com وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

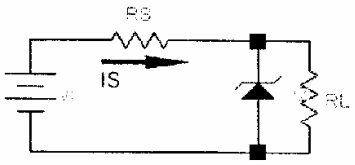
تثبیت کننده ها

تثبیت کننده های ولتاژ بر سه نوع هستند:

۱) تثبیت کننده زنری
۲) تثبیت کننده ترانزیستوری
۳) تثبیت کننده با آی سی رگولاتور

۱: تثبیت کننده زنری

همان طور که می دانید با توجه به مشخصات دیود زنر از آن می توان بعنوان یک تثبیت کننده ولتاژ استفاده نمود این تثبیت کننده برای توان های پایین بکار می رود شکل (۴-۱۱) یک تثبیت کننده زنری را نشان می دهد.



شکل (۴-۱۱)

محاسبات ولتاژ و جریان تثبیت کننده زنری

$$IS = \frac{Vi - VZ}{RS}$$

معادله ۴-۲۶

$$IS = IZ + Ii$$

معادله ۴-۲۷

$$IL = \frac{VL}{RL} = \frac{VZ}{RL}$$

معادله ۴-۲۸

افزایش یا کاهش Vi و RL می تواند زنر را از تثبیت خارج کند لذا باید برای هر یک محدوده ای تعریف نمود.

۱: کاهش RL و ثابت ماندن VI باشد

اگر IZ از مقدار IZmin کمتر شود دیود زنر از حالت تثبیت خارج می شود پس باید برای مدار RLmin تعریف شود.

www.Ir-Micro.com وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

۲: افزایش RL و ثابت ماندن Vi باشد

اگر IZ از مقدار IZmax فراتر رودباعث سوختن دیود زنر می شود پس باید برای مدار RLmax تعریف شود.

با توجه به توضیحات بالا روابطی برای RLmin و RLmax وجود دارد که در زیر مشاهده می نمایید.

$$RL\min = \frac{VZ}{IL\max} = \frac{VZ}{IS - IZ\min} = \frac{VZ}{IS} = \frac{VZ}{\frac{Vi - VZ}{RS}} = \frac{VZ \times RL}{Vi - VZ}$$

معادله ۴-۲۹

$$RL\max = \frac{VZ}{IL\min} = \frac{VZ}{IS - IZ\max}$$

معادله ۴-۳۰

برای اینکه دیود زنر بتواند عمل تثبیت را به خوبی انجام دهد Rimin < Ri < Rimax باشد.

۳: اگر RL ثابت و Vi متغیر باشد

افزایش یا کاهش Vi می تواند زنر را از حالت شکست خارج یا باعث سوختن دیود زنر شود لذا برای Vi باید یک محدوده Vimin و Vimax تعریف شود.

$$Vi\min = IS\min \times RS + VZ$$

معادله ۴-۳۱

$$IS\min = IL + IZ\min$$

معادله ۴-۳۲

$$Vi\max = IS\max \times RS + VZ$$

معادله ۴-۳۳

برای اینکه دیود زنر بتواند عمل تثبیت را به خوبی انجام دهد Vimin < Vi < Vimax باشد.

www.Ir-Micro.com وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

۲: تثبیت کننده ترانزیستوری

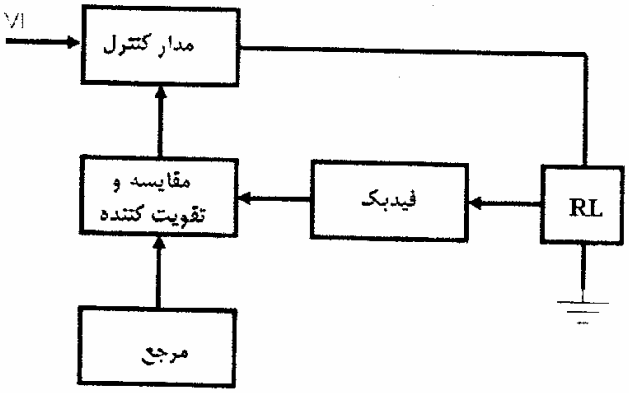
همان طور که مشاهده گردید محدوده کوچک تغییرات جریان بار و کاربرد آن در توان های پایین از جمله معایب تثبیت کننده زنری است از این تثبیت کننده در قدرت های بالا و تغییرات وسیع جریان بار استفاده می گردد

تثبیت کننده ترانزیستوری بر دو نوع است:

۱) تثبیت کننده سری
۲) تثبیت کننده موازی

۱: تثبیت کننده سری

در شکل (۴-۱۲) بلوک دیاگرام تثبیت کننده سری را مشاهده می نمایید.



شکل (۴-۱۲)

توضیح قسمت های یک تثبیت کننده ترانزیستوری از نوع سری

۱: مدار کنترل

عموما یک ترانزیستور است که جریان خروجی از آن عبور می کند و آن را چنان تنظیم می کند تا ولتاژ خروجی ثابت بماند.

۲: فیدبک

مداری است که از ولتاژ خروجی نمونه گیری می کند و آن را به مدار مقایسه کننده اعمال می کند.

www.Ir-Micro.com
وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

۳: مرجع

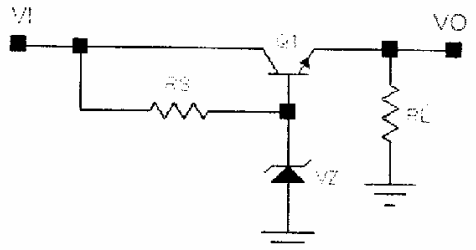
مداری است که یک ولتاژ ثابت ایجاد می کند تا ولتاژ فیدبک با آن مقایسه شود.

۴: مقایسه کننده

مداری است که ولتاژ فیدبک و ولتاژ مرجع را با هم مقایسه می کند تا اختلاف دو ولتاژ را به مدار کنترل اعمال کند.

۱: رگولاتور ساده ترانزیستوری

در شکل (۴-۱۳) رگولاتور ساده ترانزیستوری را مشاهده می نمایید.



شکل (۴-۱۳)

کاربرد قطعات :

ترانزیستور : کنترل کننده
دیود زنر : ولتاژ مرجع
RS : کنترل جریان زنر

محاسبه رگولاتور ساده ترانزیستوری

$$Vi\,max = IS\,max \times RS + VZ$$

معادله ۴-۳۴

$$IL = \frac{VL}{RL}$$

معادله ۴-۳۵

$$Irs = \frac{Vi - VL}{RS}$$

معادله ۴-۳۶

www.Ir-Micro.com وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

$$VCE = Vi - VL$$

معادله ۴-۳۷

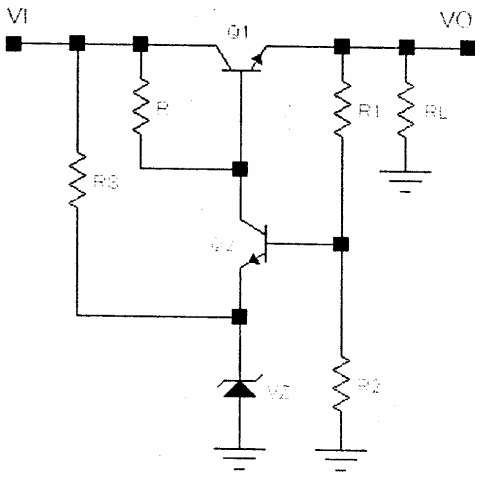
$$PQ = VCE \times IC$$

معادله ۴-۳۸

PQ: توان تلف شده ترانزیستور

۴: رگولاتوربا فیدبک و تقویت کننده

در شکل (۴-۱۴) رگولاتوربا فیدبک و تقویت کننده را مشاهده می نمایید.



شکل (۴-۱۴)

کاربرد قطعات :

Q1 : مدار کنترل
Q2: مقایسه کننده و تقویت کننده خطا
دیود زنر : ولتاژ مرجع
R1 و **R2**: فیدبک
RS : برای تغذیه دیود زنر
R: برای تغذیه کلکتور Q2 و بیس Q1

www.Ir-Micro.com
وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

$$VF = \frac{VO \times R2}{R1 + R2}$$

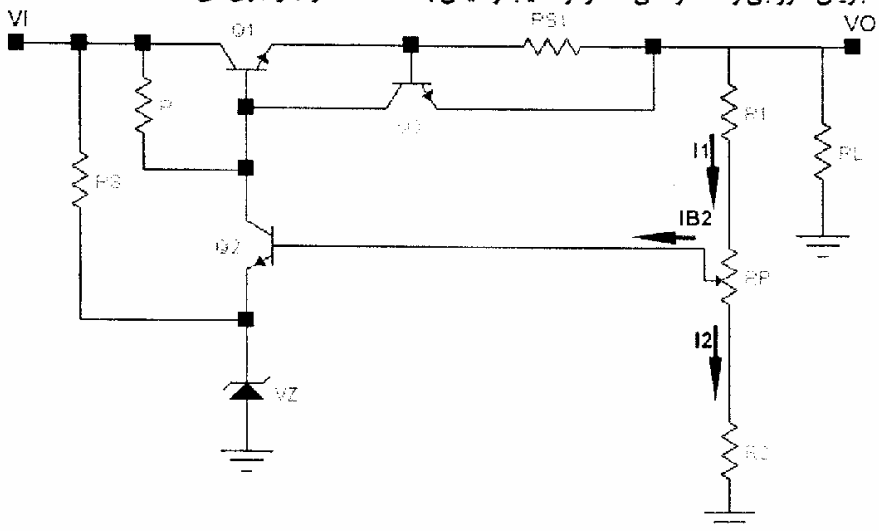
$$VO = \frac{VF \times (R1 + R2)}{R2}$$

معادله ۴-۳۹

$$VF = VZ + VBE$$

۳: رگولاتور ولتاژ محافظ اتصال کوتاه و قابل تنظیم

در شکل (۴-۱۵) رگولاتور ولتاژ محافظ اتصال کوتاه و قابل تنظیم را نشان می دهد این رگولاتور در مواقع ای که خروجی اتصال کوتاه شود جریان خروجی را محدود می کند و از آسیب رسیدن به قطعات مدار جلوگیری می نماید.



شکل (۴-۱۵)

کاربرد قطعات :

Q1 : مدار کنترل
Q2: مقایسه کننده و فیدبک
Q3 و **RS1**: حفاظت از اتصال کوتاه و محدود کننده جریان خروجی
دیود زنر : ولتاژ مرجع
R1 و **R2** و**RP**: فیدبک

www.Ir-Micro.com
وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

RS : برای تغذیه دیود زنر
R: برای تغذیه کلکتور Q2 و بیس Q1

محاسبه رگولاتور ولتاژ محافظ اتصال کوتاه و قابل تنظیم

$I2 \rangle IB \Rightarrow I1 = I2$

از IB2 می توان صرف نظر کرد

$$I2 = \frac{VF}{R2 + RP2}$$

معادله ۴-۴۰

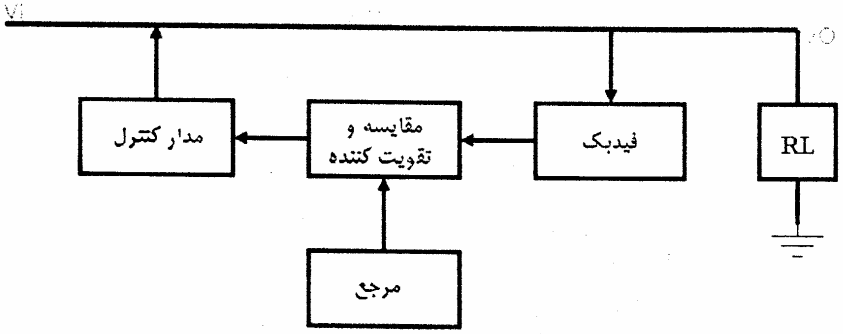
$$VF = VZ + VBE$$
$$VO = I2 \times (R1 + R2 + RP)$$

معادله ۴-۴۱

$$IL \cong \frac{VBE}{RS1}$$

↓ ۲: تثبیت کننده موازی

در شکل (۴-۱۵) بلوک دیاگرام یک تثبیت کننده موازی را نشان می دهد

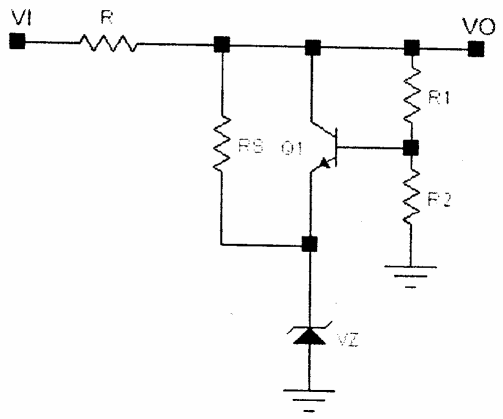


شکل (۴-۱۵)

وظایف بلوک دیاگرام همانند بلوک دیاگرام تثبیت کننده سری در شکل (۴-۱۲) می باشد که از توضیح آن صرف نظر می نماییم.

شکل (۴-۱۷) یک نمونه تثبیت کننده موازی را نشان می دهد.

www.Ir-Micro.com
وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر



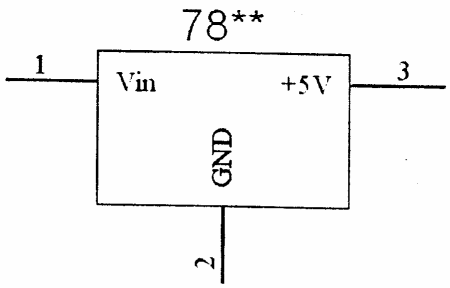
شکل (۴-۱۷)

کاربرد قطعات :

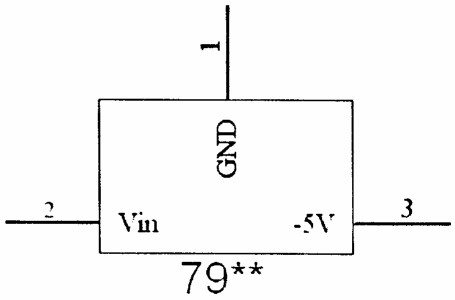
Q1 : مدار کنترل
دیود زنر : ولتاژ مرجع
R1 و **R2**: فیدبک
RS : برای تغذیه دیود زنر

۴: تثبیت کننده با آی سی رگولاتور

IC رگولاتور مداراتی هستند که به صورت مجتمع و دارای ۳ پایه ورودی ، خروجی و زمین می باشد وجود دارد این آی سی ها در دو سری مثبت و منفی طرحی شده اند که سری مثبت آن با شماره ××۷۸ و سری منفی ××۷۹ ساخته شده است و در رنج های مختلفی برای تثبیت کننده عمل می کند در شکل (۴-۱۸) شمای فنی آی سی رگولاتور را می بینید. مقدار ولتاژ خروجی تثبیت شده عددی است که بجای ×× نوشته می شود.



www.Ir-Micro.com
وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر



شکل (۴-۱۸)

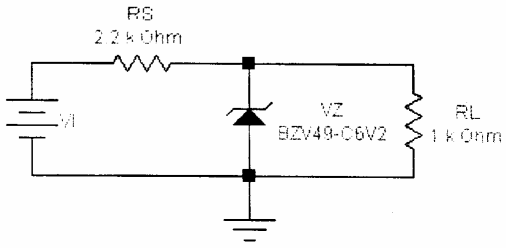
گرو دیگر از IC رگولاتورها مدارهایی هستند که قابل تنظیم بوده و ولتاژهای مثبت و منفی ۱.۲ الی ۳۷ ولت را تنظیم می کنند.

مانند ...LM که می تواند ولتاژ تا مثبت ۳۷ را تنظیم کند.

مانند ...LM که می تواند ولتاژ تا منفی ۳۷ را تنظیم کند.

www.Ir-Micro.com وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

۱: مدار مقابل را ببندید.



۲: با توجه به جدول ، ورودی اعمال ، و خروجی را مشاهده و یادداشت کنید؟

Vi	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5
VO											

Vi	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10
VO									

۳: افزایش بیش از حد Vi چه مشکلی ایجاد می کند؟

۴: در چه ولتاژی زنر به شکست می رود؟

۵: RL را طبق جدول تغییر اثر آن بر ولتاژ خروجی را بررسی کنید؟

RL	1	10	22	470	1K	2.2K	6.8K	10K	22K	47K
VL										

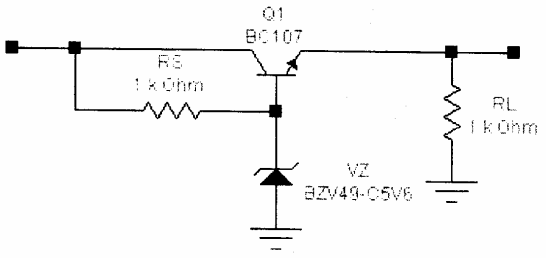
۶: RS چه نقشی دارد و چگونه محاسبه می شود؟

www.Ir-Micro.com وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

۷: با توجه به مراحل بالاتر قرار چه محدوده ای از VI و RL عمل تثبیت را انجام می دهد؟

www.Ir-Micro.com وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

۱: مدار مقابل را ببندید.



۲: با توجه به جدول ورودی اعمال و خروجی را مشاهده و یادداشت کنید؟

Vi	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5
VO											

Vi	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10
VO									

۳: تثبیت کننده چه ولتاژی را تثبیت می کند؟

۴: با توجه به رابطه VO = VZ – VBE آیا جدول بدست آمده با آن مطابقت دارد؟

۵: RL را طبق جدول تغییر اثر آن بر ولتاژ خروجی را بررسی کنید؟

RL	1	10	22	470	1K	2.2K	6.8K	10K	22K	47K
VL										

۶: آیا تغییرات RL در تثبیت ولتاژ خروجی نقشی دارد؟ چرا؟

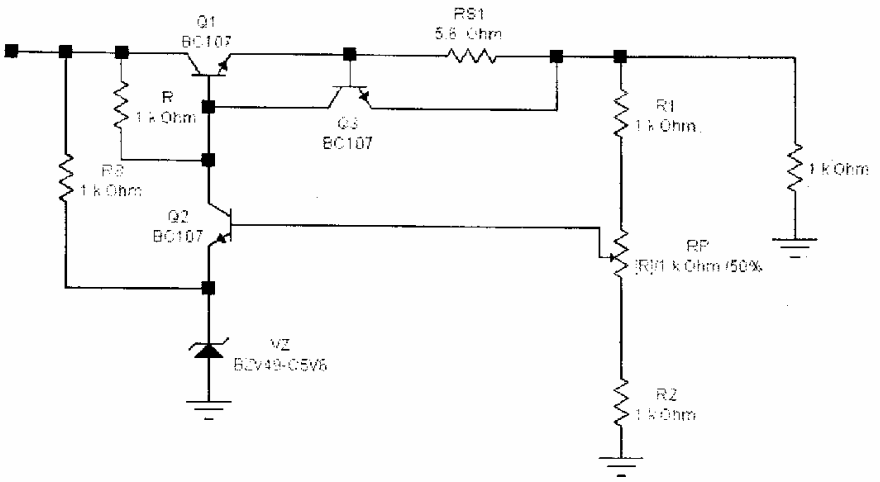
www.Ir-Micro.com
وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

۷: RS چه نقشی دارد و چگونه محاسبه می شود؟

۸: توان کل مصرفی را با توجه به رابطه PQ = VCE . IC بدست آورید؟

www.Ir-Micro.com وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

۱: مدار مقابل را ببندید.



۲: حداقل و حداکثر VO را محاسبه کنید؟

۳: RP را تغییر حداقل و حداکثر VO را اندازه گیری و یادداشت کنید سپس با مقدار تئوری مرحله ۲ مقایسه و در صورت اختلاف علت را بررسی نمایید؟

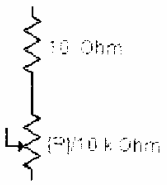
۴: حداکثر و حداقل جریان خروجی را محاسبه کنید؟

۵: نقش RS در مدار چیست؟

۶: با توجه به رابطه $IL = IS1 = \frac{VBE}{RS1}$ محدوده جریان ماکزیمم خروجی را بدست آورید؟

www.Ir-Micro.com وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

۷: بجای RL ، مدار مقابل را قرار داده و با کاهش RL اثر آن بر جریان بار را مشاهده نمایید در چه باری IL ثابت می شود؟ (جریان خروجی در چه مقداری محدود شده است)

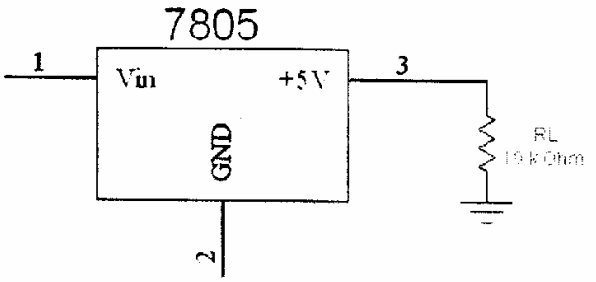


۸: دو مقدار مراحل تئوری ۶ و عملی ۷ را با هم مقایسه کنید؟ در صورت اختلاف علت را بررسی کنید؟

۹: نقش دیود زنر چیست؟

www.Ir-Micro.com وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

۱: هریک از IC رگولاتورهای تثبیت کننده زیر را ببندید و با توجه به جدول ، ورودی اعمال ، و خروجی را در جدول یادداشت کنید؟



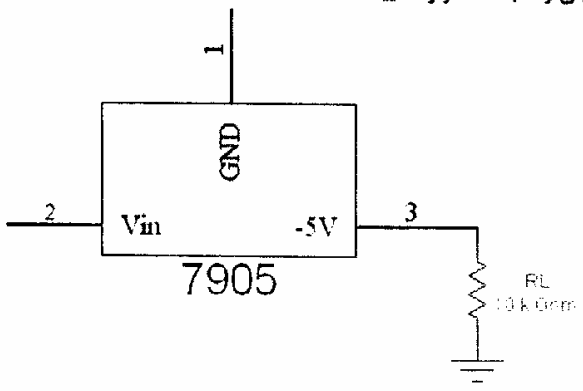
Vi	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5
VO											
Vi	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10		
VO											

۲: رگولاتور چه ولتاژی را تثبیت می کند؟

۳: حداقل ولتاژ لازم برای اینکه IC بتواند تثبیت کند چقدر می باشد؟

۴: حداکثر ولتاژ ورودی چقدر و چگونه انتخاب می شود؟

۵: مدار را به صورت شکل زیر تغییر داده و مراحل قبلی را مجدداً تکرار نمایید؟



Vi	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5
VO											

Vi	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10
VO									

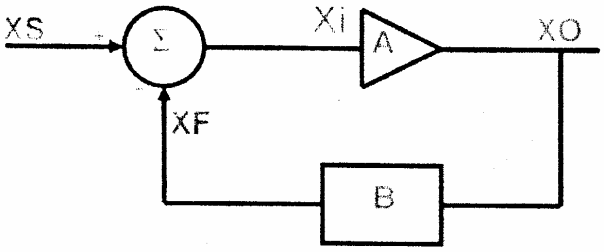
۶: محدویت و معایب IC رگولاتورها چیست؟

www.Ir-Micro.com
وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

فیدبک

مداری است که به عنوان یک نمونه گیر و معمولا بین ورودی و خروجی یک سیستم متصل می شود فیدبک می تواند نمونه خروجی سیستم را هم سو با کمیت ورودی ، به ورودی سیستم اعمال می کند که به آن فیدبک مثبت گویند.
و خروجی را با غیر هم سو به ورودی سیستم بیافزاید به آن فیدبک منفی گویند.

شکل (۵-۱) بلوک دیاگرام یک سیستم فیدبک دار را نشان می دهد.



شکل (۵-۱)

$$A = \frac{XO}{Xi}$$

معادله ۵-۱

$$B = \frac{XF}{XO}$$

معادله ۵-۲

$$AF = \frac{XO}{XS}$$

معادله ۵-۳

$$Xi = XS - XF \Rightarrow$$
$$Xi = XS - B \times XO \Rightarrow$$
$$XO = A \times (XS - B \times XO) \Rightarrow$$
$$XO + XO \times A \times B = A \times XS \Rightarrow$$
$$AF = \frac{XO}{XS} = \frac{A}{1 + A \times B}$$

معادله ۵-۴

Xs : سیگنال ورودی
Xo : سیگنال خروجی
Xf : سیگنال فیدبک
A : بهره قبل از اعمال فیدبک
B : بهره فیدبک
Af: بهره کل سیستم با فیدبک

www.Ir-Micro.com
وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

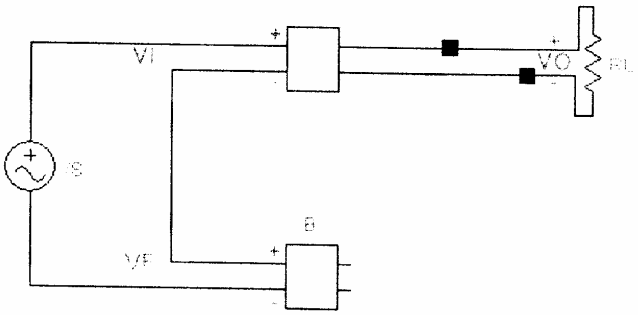
انواع اتصال فیدبک:

چهار روش اتصال فیدبک وجود دارد. هم جریان و هم ولتاژ هر دو هم به صورت سری و هم به صورت موازی می توانند فیدبک شوند به ویژه به صورت های زیر:

۱) فیدبک ولتاژ سری
۲) فیدبک ولتاژ موازی
۳) فیدبک جریان سری
۴) فیدبک جریان موازی

۱: فیدبک ولتاژ سری

در شکل (۵-۲) بلوک دیاگرام فیدبک ولتاژ سری را مشاهده می نماید.



شکل (۵-۲)

در شکل (۵-۲) ارتباط فیدبک ولتاژ سری را نشان می دهد که در آن قسمتی از ولتاژ خروجی به صورت سری به سیگنال ورودی برگشت داده شده است.
از آن جا که مدار فیدبک با خروجی موازی شده است مقاومت خروجی تقویت کننده را کاهش و چون با ورودی سری شده مقاومت ورودی را افزایش می دهد بهره کل تقویت کننده کاهش می یابد بهره از نوع ولتاژ است.

محاسبه مقادیر بهره ولتاژکل ، مقاومت ورودی و مقاومت خروجی

قبل از بدست آوردن بهره ولتاژکل ، مقاومت ورودی و مقاومت خروجی ابتدا باید بهره فیدبک (B) ، بهره قبل از اعمال فیدبک (A) را بدست آورد و بعد از حل آنها مقادیر بهره ولتاژکل ، مقاومت ورودی ، مقاومت خروجی و بهره بعد از اعمال فیدبک (AF) را بدست آورد.

www.Ir-Micro.com وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

$$A = \frac{VO}{Vi}$$

معادله ۵-۵

$$B = \frac{VF}{VO}$$

معادله ۵-۶

$$AF = \frac{VO}{Vs} \Rightarrow$$
$$AF = \frac{A}{1 + A \times B}$$

معادله ۵-۷

$$Rif = D \times Ri$$

معادله ۵-۸

$$ROF = \frac{RO}{D}$$

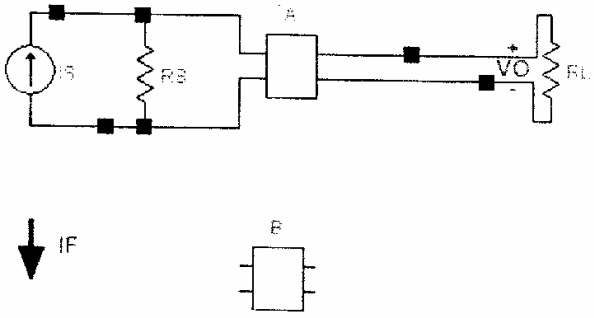
معادله ۵-۹

- D همان $AB + 1$ است.

با توجه به روابط بدست آمده این تقویت کننده از نوع ولتاژ است.

۲: فیدبک ولتاژ موازی

در شکل (۵-۳) بلوک دیاگرام فیدبک ولتاژ موازی را مشاهده می نماید.



شکل (۵-۳)

در شکل (۵-۳) ارتباط فیدبک ولتاژ موازی را نشان می دهد که در آن قسمتی از ولتاژ خروجی به صورت موازی به سیگنال ورودی برگشت داده شده است.

www.Ir-Micro.com وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

از آن جا که مدار فیدبک با خروجی موازی شده است مقاومت خروجی تقویت کننده را کاهش و چون با ورودی ، همانند خروجی به صورت موازی شده است مقاومت ورودی را کاهش می دهد بهره از نوع مقاومت است.

محاسبه مقادیر بهره ولتاژکل ، مقاومت ورودی و مقاومت خروجی

قبل از بدست آوردن بهره ولتاژکل ، مقاومت ورودی و مقاومت خروجی ابتدا باید بهره فیدبک (B) ، بهره قبل از اعمال فیدبک (A) را بدست آورد و بعد از حل آنها مقادیر بهره ولتاژکل ، مقاومت ورودی ، مقاومت خروجی و بهره بعد از اعمال فیدبک (AF) را بدست آورد.

$$A = \frac{VO}{Vi}$$

معادله ۵-۱۰

$$B = \frac{If}{VO}$$

معادله ۵-۱۱

$$AF = \frac{VO}{IS} \Rightarrow$$

$$AF = \frac{A}{1 + A \times B}$$

معادله ۵-۱۲

$$Rif = \frac{Ri}{1 + A \times B}$$

معادله ۵-۱۳

$$ROF = \frac{RO}{1 + A \times B}$$

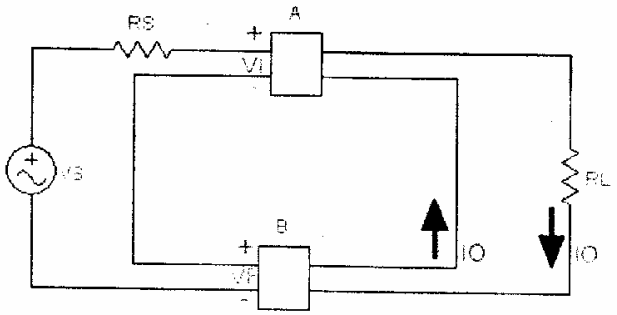
معادله ۵-۱۴

با توجه به روابط بدست آمده این تقویت کننده از نوع مقاومت است.

۳: فیدبک جریان سری

در شکل (۵-۴) بلوک دیاگرام فیدبک جریان سری را مشاهده می نماید.

www.Ir-Micro.com وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر



شکل (۵-۴)

در شکل (۵-۴) ارتباط فیدبک جریان سری را نشان می دهد که در آن قسمتی از جریان خروجی به صورت سری به سیگنال ورودی برگشت داده شده است.
از آن جا که مدار فیدبک باورودی و خروجی سری شده است باعث افزایش مقاومت ورودی و خروجی می شود. هم چنین بهره کل تقویت کننده کاهش می یابد. و بهره از نوع هدایت است.

محاسبه مقادیر بهره ولتاژکل ، مقاومت ورودی و مقاومت خروجی

قبل از بدست آوردن بهره ولتاژکل ، مقاومت ورودی و مقاومت خروجی ابتدا باید بهره فیدبک (B) ، بهره قبل از اعمال فیدبک (A) را بدست آورد و بعد از حل آنها مقادیر بهره ولتاژکل ، مقاومت ورودی ، مقاومت خروجی و بهره بعد از اعمال فیدبک (AF) را بدست آورد.

$$A = \frac{IO}{Vi}$$

معادله ۵-۱۵

$$B = \frac{VF}{IO}$$

معادله ۵-۱۶

$$AF = \frac{IO}{VS} \Rightarrow$$

$$AF = \frac{A}{1 + A \times B}$$

معادله ۵-۱۷

$$Rif = Ri \times (1 + A \times B)$$

معادله ۵-۱۸

$$Rof = RO \times (1 + B \times A)$$

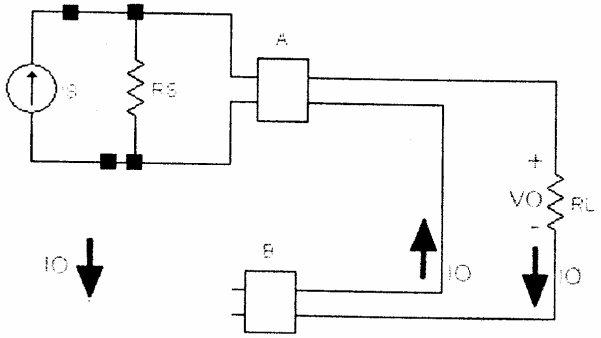
معادله ۵-۱۹

www.Ir-Micro.com
وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

با توجه به روابط بدست آمده این تقویت کننده از نوع هدایت است.

۴: فیدبک جریان موازی

در شکل (۵-۵) بلوک دیاگرام فیدبک جریان موازی را مشاهده می نماید.



شکل (۵-۵)

در شکل (۵-۵) ارتباط فیدبک جریان موازی را نشان می دهد که در آن قسمتی از جریان خروجی **به صورت موازی به** سیگنال ورودی **برگشت داده شده است.**
از آن جا که مدار فیدبک **با** خروجی سری **شده است** امپدانس خروجی **را** افزایش **و چون با** ورودی موازی **شده است باعث** کاهش مقاومت ورودی **می شود.**

محاسبه مقادیر بهره ولتاژکل، مقاومت ورودی و مقاومت خروجی

قبل از بدست آوردن بهره ولتاژکل ، مقاومت ورودی و مقاومت خروجی ابتدا باید بهره فیدبک (B) ، بهره قبل از اعمال فیدبک (A) را بدست آورد و بعد از حل آنها مقادیر بهره ولتاژکل ، مقاومت ورودی ، مقاومت خروجی و بهره بعد از اعمال فیدبک (AF) را بدست آورد.

$$A = \frac{IO}{Ii}$$

معادله ۵-۲۰

$$B = \frac{If}{IO}$$

معادله ۵-۲۱

www.Ir-Micro.com وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

$$AF = \frac{IO}{Ii} \Rightarrow$$

$$AF = \frac{A}{1 + A \times B} \Rightarrow$$

معادله ۵-۲۲

$$Rif = \frac{Ri}{1 + A \times B}$$

معادله ۵-۲۳

$$Rof = RO \times (1 + A \times B)$$

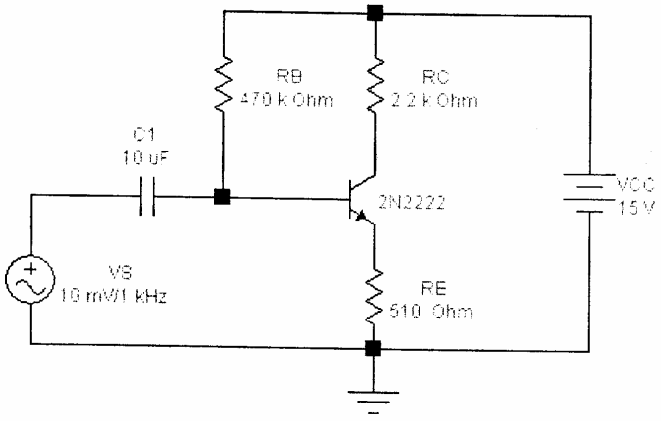
معادله ۵-۲۴

با توجه به روابط بدست آمده این تقویت کننده از نوع جریان است.

www.Ir-Micro.com وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

تمرین

مدار زیر تقویت کننده با فیدبک جریان سری را نشان می دهد.



محاسبات تئوری این مدار به قرار است:

$$IB = \frac{VCC - VBE}{RB + \beta \times RB} \Rightarrow \frac{15 - 0.7}{470 + 195 \times 0.51} \cong \frac{14.3}{570} \cong 0.025$$

$$IC = \beta \times IB \Rightarrow 195 \times 0.25 \cong 4.7mA$$

$$re = \frac{VT}{IC} \Rightarrow \frac{25mV}{4.7mA} = 5.3\Omega$$

$$hie = \beta \times re \Rightarrow 5.3 \times 195 \cong 1K\Omega$$

$$A = \frac{IO}{Vi} = \frac{-Ib \times hfe}{Ib \times (hie + hfe \times RE)} = \frac{hfe}{hie + hfe \times RE} = \frac{1}{re + RE}$$

$$A = \frac{1}{re + RE} \Rightarrow \frac{1}{5.3 + 510} = 0.0019$$

***A*: بهره قبل از اعمال فیدبک**

$$B = \frac{VF}{IO} \Rightarrow \frac{IO \times RE}{IO} = RE$$

$$B = RE \Rightarrow 510$$

***B*: بهره فیدبک**

$$Zi = RB \| (hie + \beta \times RE)$$

$$Zi = 470K\Omega \| (1 + 195 \times 510) \Rightarrow \frac{47000}{570} = 82K\Omega$$

$$ZO = RC$$

$$ZO = 2.2K\Omega \| 100K\Omega \Rightarrow ZO = 2.2K\Omega$$

www.Ir-Micro.com
وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

$$AF = \frac{IO}{VS} \Rightarrow \frac{A}{1+B\times A}$$

$$AF = \frac{0.0019}{1+0.0019\times 510} = 9.7\times 10^{-4}$$

AF: بهره بعد از اعمال فیدبک

$$ZAF = Zi\times(1+B\times A)$$

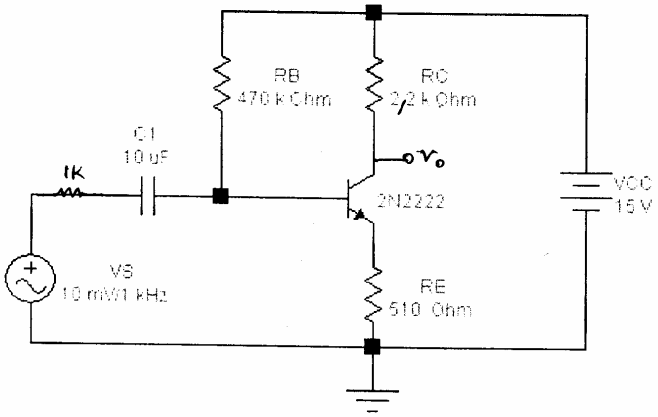
$$ZAF = 82K\Omega\times(1+0.0019\times 510)\Rightarrow ZAF = 160K\Omega$$

$$ZOF = ZO\times(1+B\times A)$$

$$ZOF = 2.2K\Omega\times(1+0.0019\times 510)\Rightarrow ZOF = 4.3K\Omega$$

www.Ir-Micro.com وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

۱: مدار مقابل را ببندید.



۲: نوع فیدبک را نام ببرید؟

۳: مقادیر نقطه کار را بدست آورید؟

۴: re با توجه به رابطه $re = \frac{VT}{IC} = \frac{25mV}{IC}$ در حالت تئوری محاسبه نمایید؟

۵: مقدار تئوری بهره بدون فیدبک $\left(A = \frac{IO}{Vi}\right)$ ، را بدست آورید؟

۶: بهره فیدبک $\left(B = \frac{VF}{IO}\right)$ ، را بدست آورید؟

۷: بهره تقویت کننده با فیدبک را با توجه $\left(AF = \frac{A}{1 + B \times A}\right)$ بدست آورید؟

www.Ir-Micro.com
وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

۸: امپدانس ورودی (Zi) و مقاومت خروجی (ZO) را محاسبه نمایید؟

۹: مقادیر نقطه کار عملی مدار را توسط مولتی متر DC اندازه گیری نماید؟ در صورت اختلاف علت را بررسی کنید؟

۱۰: مقدار عملی re را با توجه به رابطه $re = \frac{VT}{IC} = \frac{25mV}{IC}$ بدست آورده و با مقدار تئوری مقایسه کنید؟ در صورت اختلاف علت را بررسی کنید؟

۱۱: شکل موج های ورودی و خروجی را مشاهده و زیر هم رسم نمایید؟

۱۲: از روی شکل موج خروجی و با توجه به مقاومت خروجی (ZO) ، جریان خروجی (IO) محاسبه کنید؟

۱۳: با توجه به بهره تقویت کننده $\left(A = \frac{IO}{Vi}\right)$ بهره تقویت کننده قبل از اعمال فیدبک بدست آورید؟ و آن را مقدارتئوری مقایسه نمایید در صورت اختلاف علت را بررسی کنید؟

۱۴: بهره فیدبک مدار را به صورت عملی $\left(B = \frac{VF}{IO}\right)$ بدست آورده و با مقدار تئوری مقایسه نمایید در صورت اختلاف علت را بررسی کنید؟

۱۵: با توجه به مقادیر عملی تقویت کننده (A) و فیدبک (B) بهره تقویت کننده با فیدبک (AF) محاسبه و مقدار تئوری مقایسه کنید در صورت اختلاف علت را بررسی کنید؟

۱۶: با توجه به مقادیر بهره عملی تقویت کننده (A) و بهره عملی فیدبک (B) امپدانس ورودی با فیدبک (Zif) و امپدانس خروجی با فیدبک (Zof) را بدست آورید؟ در صورت اختلاف علت را بررسی کنید؟

۱۷: پاسخ فرکانسی تقویت کننده را به صورت عملی بدست آورید؟

www.Ir-Micro.com وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر

منابع و ماخذ

قطعات و مدارات الکترونیک جلد (اول - دوم)

نشاسکی

الکترونیک عمومی (۱ - ۲)